

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О.М.БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до проведення практичних занять та виконання курсової роботи
з дисципліни

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИСТКИ ВОДИ (ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВОДОПІДГОТОВКИ)

*(для студентів 3 курсу денної і заочної форм навчання
за напрямками підготовки 6.060101 – Будівництво
(фахове спрямування «Водопостачання та водовідведення») і
6.060103 – Гідротехніка (водні ресурси))*



Харків – ХНУМГ ім. О. М. Бекетова – 2016

Методичні вказівки до проведення практичних занять та виконання курсової роботи з дисципліни «Теоретичні основи технології очистки води (Теоретичні основи водопідготовки)» (для студентів 3 курсу денної і заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.060101 – Будівництво (фахове спрямування «Водопостачання та водовідведення») і 6.060103 – Гідротехніка (водні ресурси)) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: К. Б. Сорокіна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 60 с.

Укладач: доц., канд. техн. наук К. Б. Сорокіна

Рецензент: доц., канд. техн. наук Г. І. Благодарна

Затверджено кафедрою водопостачання, водовідведення та очищення вод, протокол № 1 від 28.08.2014 р.

ЗМІСТ

стор.

	ВСТУП.....	4
1	ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ.....	5
2	ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	44
	2.1 Структура і оформлення курсової роботи.....	44
	2.2 Вказівки до виконання основних розділів курсової роботи.....	45
	СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....	48
	ДОДАТКИ.....	49

ВСТУП

Склад природних вод постійно змінюється в результаті процесів оксидування і відновлення, які протікають в них, седиментації диспергованих та колоїдних домішок, солей, як наслідок зміни тиску і температури; іонообміну між водою й донними відкладеннями; збагачення вод мікроелементами внаслідок біохімічних процесів; змішення вод різного живлення.

У поверхневих водотоках спостерігається самоочищення води за рахунок фізичних, хімічних і біологічних процесів, чому сприяє аерація, перемішування, декантація суспензій, розбавлення забруднень у великій масі води. Під дією простих водних організмів, мікробів-антагоністів, бактеріофагів і антибіотиків біологічного походження, під впливом біохімічних й окисних процесів гинуть патогенні бактерії та віруси.

Самоочищення води, як правило, не забезпечує необхідної її якості для виробничих і господарсько-питних потреб. Тому практично завжди поверхнева вода потребує кондиціювання її властивостей з доведенням їх до вимог споживача.

Господарська діяльність людини істотно впливає на стан вододжерел як в якісному, так і в кількісному відношенні. Одним з її чинників є змив з сільськогосподарських угідь хімічних добрив та скидання у водоймища недостатньо очищених стічних вод, вод теплових і атомних електростанцій. Внаслідок цього інтенсивно розвиваються планктон й макрофіти, які викликають заростання водоймищ, підвищення кольоровості води, виникнення присмаків і запахів, що погіршує санітарний стан вододжерел.

Таким чином, при виборі технології водопідготовки необхідно визначити якість води джерела, тобто склад і концентрацію домішок, що містяться в ній, а потім зіставити з вимогами, що пред'являються.

Важливу роль в охороні водойм від забруднення шкідливими домішками набувають різні способи очищення стічних вод, які дають можливість видаляти з води забруднювальні речовини і солі, утилізувати цінні компоненти як вторинну сировину та повертати їх у виробництво. Хімічне оброблення дає змогу також вирішити проблему використання очищених стічних вод для технічного водопостачання з організацією на цій основі замкнених циклів, що сприяє ефективному вирішенню проблеми раціонального використання водних ресурсів.

1 ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

ЗМ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД ГЕТЕРОГЕННИХ ДОМІШОК

Тема 1. Аналіз фізико-хімічних показників якості природних та стічних вод за результатами хіміко-аналітичного контролю

Домішки, що містяться у воді, можуть бути класифіковані за різними критеріями: за *фізичним станом* (розчинені, колоїдні, нерозчинені), за *походженням* (органічні, мінеральні, мікроорганізми).

Якість природної води характеризується фізико-хімічними властивостями і бактерійними забрудненнями.

Фізичні властивості (*органолептичні*) – температура, каламутність (або прозорість), кольоровість, смак і присмак, запах.

Хімічні властивості обумовлюються вмістом у воді розчинених хімічних речовин. До цієї групи відносять сухий залишок, твердість, окислюваність, активна реакція, вміст заліза, марганцю, сполук кремнію, хлоридів, сульфатів, фтору, йоду та ін.

Бактерійне і вірусне забруднення води оцінюють за допомогою показників колі-індекс, колі-тітр, загальне мікробне число.

У відкритих водоймищах містяться також різноманітні дрібні рослини й тваринні організми, що знаходяться у завислому стані (*планктон*) або прикріплені до дна водоймища (*бентос*). Рослинний планктон називається *фітопланктоном*, тваринний - *зоопланктоном*; бентос називають відповідно *фитобентосом* і *зообентосом*.

Вимоги до безпеки і якості питної води, призначеної для споживання людиною, а також правила виробничого контролю і державного санітарно епідеміологічного нагляду у сфері питного водопостачання населення встановлюються згідно ДержСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічних вимог до води питної, призначеної для споживання людиною". Вимоги Санітарних норм не розповсюджуються на води мінеральні лікувальні, лікувально їдальні, природні їдальні. У світовій практиці використовують нормативи ВОЗ.

Питна вода, призначена для споживання людиною, повинна відповідати таким гігієнічним вимогам: бути безпечною в епідемічному і радіаційному відношенні, мати сприятливі органолептичні властивості і нешкідливий хімічний склад.

Перевірка придатності води для питних цілей і вибір відповідних методів обробки можуть бути здійснені при наявності повного аналізу води з визначенням таких показників: завислі речовини, сухий залишок, рН, кольоровість, окисність, вільна вуглекислота, лужність, твердість загальна, твердість карбонатна, вміст основних катіонів і аніонів. Залежно від виду джерела водопостачання потрібно мати кілька аналізів, що характеризують вихідну воду. При цьому необхідно переконатися в правильності аналізу води.

Основною перевіркою правильності аналізу є зіставлення сум концентрацій (у мг-екв/дм³) катіонів і аніонів. Вода електронейтральна, тому суми концентрацій катіонів ΣK і аніонів ΣA мають бути рівні:

$$\Sigma K = \Sigma A, \quad (1.1)$$

$$[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] + [Na^+] + [Fe^{2+}] = [HCO_3^-] + [SO_4^{2-}] + [Cl^-] + [SiO_3^{2-}].$$

Для перерахування концентрацій іонів, виражених у мг/дм³, у мг-екв/дм³, концентрацію треба розділити на еквівалентну масу даної речовини:

$$\frac{Ca^{2+}}{20,04} + \frac{Mg^{2+}}{12,16} + \frac{Na^+}{23} + \frac{Fe^{3+}}{27} = \frac{HCO_3^-}{61,02} + \frac{SO_4^{2-}}{48,03} + \frac{Cl^-}{35,48} + \frac{SiO_3^{2-}}{38}$$

Похибку аналізу обчислюють за формулою

$$\Delta = \frac{\Sigma K - \Sigma A}{\Sigma K + \Sigma A} \cdot 100\%. \quad (1.2)$$

Припустима похибка аналізу залежить від мінералізації води. За наявності у воді більше 15 мг-екв/дм³ аніонів погрішність не повинна перевищувати 2%, від 5 до 15 мг-екв/дм³ – 2-5%, від 3 до 5 мг-екв/дм³ – 5-10%, тобто із зменшенням мінералізації води припускається збільшення похибки.

Сумарна концентрація катіонів Ca^{2+} і Mg^{2+} визначає загальну твердість води

$$T_3 = \frac{Ca^{2+}}{20,04} + \frac{Mg^{2+}}{12,16} \text{ ммоль/дм}^3. \quad (1.3)$$

Карбонатна твердість

$$T_K = \frac{HCO_3^-}{61,02} \text{ ммоль/дм}^3. \quad (1.4)$$

Некарбонатна твердість

$$T_{HK} = T_3^{ВІХ} - T_K \text{ ммоль/дм}^3. \quad (1.5)$$

При випаровуванні води всі негазоподібні розчинені речовини переходять в сухий залишок. Виключення складає лише гідрокарбонат-іон, який розпадається за рівнянням $2HCO_3^- \rightarrow CO_3^{2-} + CO_2 \uparrow + H_2O \uparrow$.

При цьому у вигляді двоокису вуглецю і пари води втрачається 0,508 вагової кількості гідрокарбонат-іона. У практичних розрахунках цю цифру при округляють до 0,5.

Таким чином, *сухий (мінеральний) залишок* має чисельно дорівнювати сумі вагових кількостей всіх розчинених речовин у вигляді іонів і молекул (за винятком газів), причому кількість гідрокарбонат-іона в цьому випадку зменшують вдвічі.

Окрім неорганічних речовин, будь-яка природна (у тому числі й підземна) вода містить розчинені органічні речовини, які переходять в сухий залишок. Їх вміст хімічним аналізом не може бути визначений. Тому експериментально визначений сухий залишок завжди більше обчисленого. У прозорих водах, що не мають високої окисності, це перевищення ваги незначне. Остання обставина

дозволяє використовувати сухий залишок як визначення, яке контролює аналітичні дані, отримані при визначенні нелетких макрокомпонентів. Допустима розбіжність між величинами експериментального і обчисленого сухого залишку, включаючи кремнекислоту, при окисності води менше 5 мгО₂/дм³ в правильно виконаному аналізі не повинно перевищувати:

<i>Обчислений сухий залишок, мг/дм³</i>	<i>Допустиме перевищення експериментального сухого залишку над обчисленим</i>
До 100	30 мг/дм ³
100 – 500	50 мг/дм ³
500 – 5000	10%
5000 – 10000	5-10%
Більше 10000	5%

Гігієнічну оцінку безпеки і якості питної води проводять за показниками епідемічної безпеки (мікробіологічні, паразитарні), санітарно хімічними (органолептичні, фізико-хімічні, санітарно токсикологічні) і радіаційними показникам згідно [1].

За наявності у воді хімічних речовин з однаковою лімітуючою ознакою шкідливості для урахування сумісної дії сполук сума відношення виявлених концентрацій у воді та їх граничнодопустимих концентрацій (ГДК) не має бути більше 1, тобто

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1, \quad (1.6)$$

де С - виявлені концентрації речовин, мг/дм³.

Результати аналізу іонного складу води зручно зобразити графічно як діаграму (рис. 1.1),

Fe ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
HCO ₃ ⁻		SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	

Рисунок 1.1 – Іонний склад води

Діаграму передбачуваного складу солей у воді за даними аналізу будують у вигляді трьох рівної довжини рівнобіжних смуг, що примикають одна до одної (рис. 1.2). На одній смузі ліворуч праворуч – відповідно концентрації у визначеному масштабі розташовують катіони, що містяться у воді, у порядку зростання основних властивостей, на другій смузі у тому ж масштабі ліворуч праворуч – аніони в порядку зростання основних властивостей. На третій смузі зі сполучень катіонів і аніонів визначають передбачуваний склад солей. Масштаб для середньої смуги вдвічі менше, ніж для верхньої і нижньої.

$\text{Fe}^{2+}=a$	$\text{Ca}^{2+}=b$	$\text{Mg}^{2+}=c$	$\text{Na}^{+}+\text{K}^{+}=d$
$\text{HCO}_3^{-}=e$		$\text{SO}_4^{2-}=f$	$\text{Cl}^{-}=g$
$\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2=a$	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2=b$	$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2=e-a-b$	$\text{MgSO}_4=a+b+c-e$
		$\text{Na}_2\text{SO}_4+\text{K}_2\text{SO}_4=e+f-a-b-c$	$\text{NaCl}+\text{KCl}=a+b+c+d-e-f$

Рисунок 1.2 – Діаграма передбачуваного складу солей у воді за даними аналізу

Завдання до теми 1:

- Визначте загальну, карбонатну і некарбонатну твердість води при таких вихідних даних: вміст у воді Ca^{2+} – 218,6 мг/дм³, Mg^{2+} – 51,3 мг/дм³, HCO_3^{-} – 532,8 мг/дм³ (еквівалентна маса Ca^{2+} – 20,04, Mg^{2+} – 12,16, HCO_3^{-} – 61,02).
- Чому дорівнюють існуючі форми твердості для води, результати аналізу якої представлені графічно ($M=1:2$ мг-екв/дм³):

Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{Na}^{+}+\text{K}^{+}$
HCO_3^{-}	SO_4^{2-}	Cl^{-}

- Перевірте правильність виконання аналізу води при наступних вихідних даних: $[\text{Ca}^{2+}]=74,6$ мг/дм³, $[\text{Mg}^{2+}]=48,2$ мг/дм³, $[\text{Na}^{+}]=35,8$ мг/дм³, $[\text{K}^{+}]=18,2$ мг/дм³, $[\text{HCO}_3^{-}]=184,2$ мг/дм³, $[\text{SO}_4^{2-}]=154,9$ мг/дм³, $[\text{Cl}^{-}]=104,8$ мг/дм³.
- Представте графічно передбачуваний склад солей в досліджуваній воді, якщо відомі результати аналізу води: $[\text{Ca}^{2+}]=74,6$ мг/дм³, $[\text{Mg}^{2+}]=48,2$ мг/дм³, $[\text{Na}^{+}]=35,8$ мг/дм³, $[\text{K}^{+}]=18,2$ мг/дм³, $[\text{HCO}_3^{-}]=184,2$ мг/дм³, $[\text{SO}_4^{2-}]=154,9$ мг/дм³, $[\text{Cl}^{-}]=104,8$ мг/дм³.
- Визначте величину сухого залишку води, якщо $[\text{Ca}^{2+}]=74,6$ мг/дм³, $[\text{Mg}^{2+}]=48,2$ мг/дм³, $[\text{Na}^{+}]=35,8$ мг/дм³, $[\text{K}^{+}]=18,2$ мг/дм³, $[\text{HCO}_3^{-}]=184,2$ мг/дм³, $[\text{SO}_4^{2-}]=154,9$ мг/дм³, $[\text{Cl}^{-}]=104,8$ мг/дм³.
- Визначте, чи придатна вода для питних цілей, якщо в ній виявлені речовини, вміст яких нормують за санітарно-токсикологічним показником шкідливості: $[\text{Pb}]=0,003$ мг/дм³, $[\text{Sr}]=1,1$ мг/дм³, $[\text{Mo}]=0,05$ мг/дм³.

Тема 2. Аналіз седиментаційних кривих. Розрахунок технологічних параметрів споруд і апаратів механічного очищення води

1. Аналіз седиментаційних кривих

Процес осадження, що протікає у виробничих відстійниках, моделюють в лабораторних циліндрах з невеликою висотою стовпа води (пробне

відстоювання). Теоретичні передумови моделювання дає формула, яку виразимо у вигляді

$$P = U_0 \cdot \frac{t}{h} \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

де P - ефект осадження %;

U_0 - гідралічна велика суспензії, мм/с;

t - тривалість відстоювання, с;

h - глибина відстійника, мм.

Фізичний сенс формули полягає в тому, що при однаковій гідралічній крупності суспензії ($U_0 = \text{const}$) однаковий ефект осадження може бути отриманий при різних t і h , але при однакових співвідношеннях t/h .

Звідси отримана умова седиментаційної подібності

$$\frac{t_1}{h_1} = \frac{t_2}{h_2} = \dots = \frac{t_i}{h_i} = \dots = \frac{t_n}{h_n} = \text{const} \quad (2.2)$$

Наприклад, при відстоюванні однієї і тієї ж проби води у відстійнику завглибшки $h_1 = 300$ см через $t_1 = 100$ хв. отримуємо такий же ефект осадження (освітлення), як і у відстійнику завглибшки $h_2 = 30$ см через $t_2 = 10$ хв.

Якщо як h_1 приймемо глибину робочого відстійника (h_p), а $h_2 = h_l$ (висота лабораторного циліндра), то отримаємо

$$\frac{t_p}{h_p} = \frac{t_l}{h_l},$$

звідки

$$t_p = t_l \cdot \frac{h_p}{h_l} \quad (2.3)$$

де t_p, t_l - тривалість відстоювання проби в робочому відстійнику і лабораторному циліндрі відповідно.

Таким чином, маючи пробу реальної води, можна в лабораторних умовах визначити тривалість перебування води в робочих відстійниках.

Методика технологічного моделювання процесу осадження полягає в наступному.

Спочатку будують криву осадження для реальної води на лабораторному циліндрі з висотою стовпа води h_l (рис. 2.1). Обчислюють необхідний ефект осадження

$$P_{\text{тр}} = \frac{M_{\text{исх}} - M_{\text{осв}}}{M_{\text{исх}}} \cdot 100, \% \quad (2.4)$$

де $M_{\text{исх}}$ - каламутність вихідної води г/м^3 ;

$M_{\text{осв}}$ - каламутність освітленої води, г/м^3 .

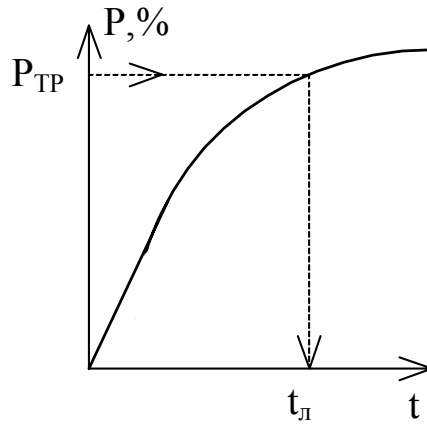


Рисунок 2.1 – До методики пробного відстоювання

Останній показник задається технологіями залежно від вимог до якості очищеної води. По кривій осадження (рис. 2.1) визначають необхідну тривалість відстоювання в лабораторному циліндрі, достатню для отримання ефекту освітлення $P_{тр}$. Потім обчислюють t_p за формулою (2.3). Можна визначити необхідну довжину проектного робочого відстійника $L_{тр} = t_p \cdot V$, де V - швидкість руху води в проточному відстійнику.

2. Розрахунок технологічних параметрів споруд і апаратів механічного очищення води

Розрахунок тонкошарових відстійників і освітлювачів

Розрахунок технологічних і конструктивних параметрів споруд, а також окремих тонкошарових елементів слід проводити за залежністю

$$l_0 = \varphi \cdot K_{\phi} \cdot H_0 \cdot \left[\frac{v_0}{u_0 \cdot \cos \alpha \cdot K_{ar} \cdot \beta} - K_{ст} \cdot (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{ctg} \alpha) \right]. \quad (2.5)$$

Для зручності розрахунку формула (2.5) приведена до вигляду

$$V_H = \frac{u_0 \cdot \beta \cdot K_{ar}}{K_1} \cdot \left(\frac{l_0}{K_2 \cdot H_0} + 1 \right) \quad (2.6)$$

або

$$l_0 = K_2 \cdot H_0 \cdot \left(\frac{V_H \cdot K_1}{u_0 \cdot \beta \cdot K_{ar}} - 1 \right), \quad (2.7)$$

де

$$K_1 = \frac{1}{K_{ст} \cdot K_{о.и.} \cdot K_K}, \quad (2.8)$$

$$K_2 = \frac{\varphi \cdot K_{\phi} \cdot K_{ст}}{\sin \alpha \cdot \cos \alpha}, \quad (2.9)$$

де ϕ - коефіцієнт, що враховує вплив гідродинамічних умов потоку в тонкошарових елементах; визначають за даними таблиці 2.1, в якій b_o – ширина тонкошарового елемента, H_o – висота тонкошарового елемента.

Таблиця 2.1

Характеристика тонкошарового елемента	Значення b_o/H_o			
	1,0-2,5	2,5-5,0	5,0-10	> 10
Значення ϕ	1,25	1,15	1,05	1,0

K_ϕ - коефіцієнт, що враховує форму поперечного перетину тонкошарових елементів; залежить від фактичної форми і конфігурації тонкошарових елементів (осередків) в поперечному перетині: для перетину прямокутної форми – 1,0; круглої – 0,785; трикутної – 0,5; шестикутної – 0,65-0,75; при використанні труб і міжтрубного простору – 0,5;

H_o - висота тонкошарового елемента, м;

v_o - середня швидкість потоку в тонкошарових елементах, м/год.;

u_o - розрахункова швидкість осадження суспензії, м/год.; повинна прийматися відповідно до досвіду експлуатації споруд, що працюють в аналогічних умовах. За відсутності такого досвіду слід проводити технологічне моделювання процесів утворення пластівців і тонкошарового осадження з метою визначення необхідного значення u_o . При неможливості вказаного значення u_o визначають за даними [2].

α - кут нахилу тонкошарових елементів до горизонту, град;

β - коефіцієнт, що враховує обмежене осадження суспензії під тонкошаровими елементами;

K_{ar} - коефіцієнт агломерації, що враховує вплив осаду, що виділяється з тонкошарових елементів, на інтенсифікацію утворення пластівців; значення твору $\beta \cdot K_{ar}$ слід приймати рівним 1,15-1,3 (більші значення – для тонкошарового освітлювача, менші – для тонкошарового вертикального відстійника);

$K_{ст}$ - коефіцієнт, що враховує утруднення перетину потоку в тонкошаровому елементі сповзаючим осадом; рекомендується приймати в середньому 0,7-0,8 (великі значення – для каламутніших вод, менші – для малокаламутних кольорових вод);

V_H - питома навантаження або продуктивність споруди з розрахунку на площу дзеркала води, м³/(м²·год.) або м/год.;

K_1, K_2 - узагальнені розрахункові коефіцієнти;

l_o - довжина тонкошарового елемента, м;

$K_{O.и.}$ - коефіцієнт, що враховує гідравлічну досконалість тонкошарової споруди і ступінь його об'ємного використання – відношення фактичного до розрахункового часу перебування води; величину $K_{O.и.}$ для попередніх розрахунків рекомендується приймати рівній 0,6-0,75;

K_K - конструктивний коефіцієнт, рівний відношенню фактичної відкритої для руху води площі тонкошарових елементів до загальної площі дзеркала води відстійної споруди; слід визначати за фактичними даними з урахуванням товщини матеріалу для тонкошарових елементів; заздалегідь рекомендується приймати його рівним 0,70-0,95 (великі значення – для тонких плівкових матеріалів).

Питомі навантаження на тонкошарові споруди, віднесені до площі, зайнятої тонкошаровими елементами, і з урахуванням показників якості води можуть бути прийняті за [2].

Отримані за розрахунком розміри тонкошарових елементів і тонкошарових споруд в цілому, а також значення питомих навантажень належить перевірити і скоректувати з урахуванням забезпечення мінімального часу між випусками осаду 6-8 год. При цьому висоту захисної зони для вертикального відстійника слід прийняти рівній 1,5 м, для горизонтального – 1 м.

Висоту зони збору освітленої води рекомендується приймати не менше 0,4-0,5 м.

У тонкошарових освітлювачах для запобігання утворенню зон підвищеної концентрації суспензії нижню кромку тонкошарових блоків необхідно розташовувати безпосередньо над верхньою відміткою осадкоприймальних вікон.

Завдання до теми 2:

1. Визначте ефект освітлення води у відстійнику, якщо каламутність води, яка поступає до нього 110 г/м³, а каламутність освітленої води – 14 г/м³.

2. Розрахунок вертикального тонкошарового відстійника.

Вихідні дані для розрахунків

- | | |
|--|-----------|
| 1. Забарвленість вихідної води, град. | Додаток А |
| 2. Вміст завислих речовин, мг/дм ³ | Додаток А |
| 3. Доза коагулянту за безводним продуктом, мг/дм ³ | Додаток А |
| 4. Розрахункова швидкість осадження домішок, мм/с | Додаток А |
| 5. Кут нахилу тонкошарових елементів | 60° |
| 6. Навантаження на споруду за умовами накопичення суспензії, м/год (не більше) | 4 |

3. Розрахунок тонкошарового освітлювача

Вихідні дані для розрахунків

- | | |
|---|-----------|
| 1. Забарвленість вихідної води, град. | Додаток А |
| 2. Вміст завислих речовин, мг/дм ³ | Додаток А |
| 3. Доза коагулянту за безводним продуктом, мг/дм ³ | Додаток А |
| 4. Розрахункова швидкість осадження домішок, мм/с | Додаток А |

5. Висота тонкошарових елементів, м	1,2
6. Кут нахилу тонкошарових елементів	55°
7. Навантаження на споруду за умовами накопичення суспензії, м/год.	6

Тема 3. Розрахунок технологічних параметрів процесів фільтрування та промивання завантаження фільтрів

Освітлення води фільтруванням широко застосовують в технології обробки води. Для цього освітлювану воду фільтрують через шари зернистого матеріалу (кварцового піску, роздробленого антрациту, керамзиту та ін.), завантаженого у фільтр.

Якщо позначити всю продуктивність фільтрувальної установки $Q_{\text{повн}}$, $\text{м}^3/\text{год.}$, корисну $Q_{\text{кор}}$ і витрату води на її власні потреби $q_{\text{в.п.}}$, то

$$Q_{\text{повн}} = Q_{\text{кор}} + q_{\text{в.п.}}, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (3.1)$$

Необхідна для отримання цієї кількості води площа фільтрування визначається за формулою

$$F_0 = \frac{24 \cdot Q_{\text{повн}}}{V_0 \cdot (24 - n_0 \cdot t_0)} = \frac{Q_{\text{повн}}}{V_0} \cdot K_0, \text{ м}^2, \quad (3.2)$$

де V_0 - швидкість фільтрування, що приймається в межах 5-10 м/год.;

n_0 - кількість промивок фільтру за добу (не більше трьох);

t_0 - час простою фільтру в промивці, зазвичай близько 30-45 хв.

Коефіцієнт

$$K_0 = \frac{24}{24 - n_0 \cdot t_0} \quad (3.3)$$

враховує вимкнення фільтрів в період промивки.

Кількість встановлюваних фільтрів m_0 визначатиметься формулою

$$m_0 = \frac{F_0}{0,785 \cdot d_{\text{ф}}^2} = \frac{K_0 \cdot Q_{\text{повн}}}{0,785 \cdot d_{\text{ф}}^2 \cdot V_0}, \quad (3.4)$$

де $d_{\text{ф}}$ - діаметр фільтру, м.

Своєю чергою

$$n_0 = \frac{24}{T_0 + t_0}, \quad (3.5)$$

$$T_0 = \frac{h_0 \cdot B \cdot 10^3}{V_0 \cdot C_{\text{в}}}, \quad (3.6)$$

де T_0 - період між промиваннями, год.;

B - брудомісткість фільтруючого матеріалу, $\text{кг}/\text{м}^3$;

C_v - концентрація завислих речовин у оброблюваній воді, $\text{мг}/\text{л}$.

Значення B може змінюватися в широких межах залежно від характеру завислих речовин, їх фракційного складу, фільтруючого матеріалу та ін. При розрахунках можна приймати $B=3-4 \text{ кг}/\text{м}^3$, в середньому $3,5 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Значення B може бути підраховано за формулою

$$B = \frac{q_0 \cdot C_v}{h_0 \cdot f_0 \cdot 10^3}, \quad (3.7)$$

де q_0 - кількість води, освітленої за фільтроцикл, м^3 ;

f_0 - площа фільтру, м^2 ;

h_0 - висота шару фільтруючого матеріалу, м.

Робочий цикл фільтрів уривається зупинкою для відновлення їх працездатності. В той же час споживачі обробленої води витрачають її безперервно. Зважаючи на це виникає необхідність в створенні на установках резерву в фільтрах або запасу води в баках, особливо якщо врахувати періодичне виведення фільтрів в ремонт.

Кількість фільтрів, що виводяться одночасно на промивку (регенерацію), залежить від загального їх числа m_0 на установці. Якщо

$$m_0 \leq \frac{T_0 + t_0}{t_0}, \quad (3.8)$$

у промивці (на регенерації) знаходитиметься один фільтр.

При

$$m_0 = \frac{T_0 + t_0}{t_0} + x, \quad (3.9)$$

де $x \leq m_0$ на промивку зупинятимуть два апарати.

Якщо $x > m_0$ то в промивці знаходитимуться три фільтри і так далі. Формула (3.9) враховує це: визначена за ній кількість фільтрів буде достатньою і при одночасному виводі на промивку (регенерацію) двох і більшої кількості фільтрів. Це досягається введенням коефіцієнта K_0 .

Якщо необхідна кількість фільтрів на установці складає m_H , а загальна, включаючи і резервні m_0 , то резерв r дорівнюватиме

$$r = \frac{m_0 - m_H}{m_H}. \quad (3.10)$$

При розрахунку кількості фільтрів за рівнянням (3.9) під резервом слід розуміти фільтри, що встановлюють для заміни тих, що виводять в ремонт. Зазвичай встановлюють один резервний фільтр, тому

$$r = \frac{100}{m_0 - 1}, \% \quad (3.11)$$

Якщо продуктивність установки рівна $Q_{\text{повн}}$, м³/год., то при даному r одинична продуктивність встановлюваних фільтрів має дорівнювати $q_{\text{ф}} = Q_{\text{повн}} / m_0 - 1$. Таким чином, продуктивність фільтрів і їх кількість не є довільними параметрами, вони залежать від r і $Q_{\text{повн}}$.

Водопідготовча установка може бути укомплектована фільтрами різної продуктивності та різною кількістю, проте доцільно встановлювати меншу кількість фільтрів, оскільки це дозволяє скоротити кількість арматури, фланців, тобто елементів, що знижують надійність.

Середня фактична продуктивність фільтру $q_{\text{сер}}$ за міжрегенераційний (міжпромивальний) період рівна

$$q_{\text{сер}} = \frac{V_0 \cdot f \cdot (T_0 + t_0)}{T_0} \quad (3.12)$$

Із збільшенням T_0 дріб $(T_0 + t_0) / T_0$ прагне до одиниці. Отже, фактична швидкість фільтрування завжди більше розрахункової, якщо остання приймається без урахування простою фільтру на регенерації (промивці).

Значення власних потреб освітлювальних фільтрів у відсотках до вихідної води можуть бути підраховані за формулою

$$q'_{\text{в.п.}} = 2 + \frac{0,4 \cdot C_{\text{в}}}{B \cdot h_0} \quad (3.13)$$

Кількість води, що йде на промивку зернистого освітлювального фільтру $q_{\text{п}}$, м³, знаходять за формулою

$$q_{\text{п}} = \frac{3,6 \cdot i_0 \cdot f_0 \cdot t'_0}{60} \quad (3.14)$$

де i_0 - інтенсивність промивки, л/(м²·с);

f_0 - площа перетину фільтру, м²;

t'_0 - час промивки, хв.

Завдання до теми 3:

1. Розрахунок технологічних параметрів процесів фільтрування та промивання завантаження фільтрів.

Вихідні дані для розрахунків

- | | |
|---|-----------|
| 1. Продуктивність фільтрувальної установки, м ³ /год | Додаток Б |
| 2. Концентрація завислих речовин у фільтрованій воді, мг/л | Додаток Б |
| 3. Діаметр фільтру, м | Додаток Б |
| 4. Висота шару фільтруючого матеріалу, м | Додаток Б |

Тема 4. Особливості застосовуваних коагулянтів і флокулянтів. Реакції гідролізу реагентів.

1. Коагулянти

Для коагуляційного очищення природних і стічних вод як коагулянти найчастіше застосовують солі алюмінію і заліза та особливо сульфат алюмінію. Також використовують хлорид і гідроксохлориди алюмінію, а також сульфати і хлориди заліза, алюмінат натрію.

Сульфат і основний сульфат алюмінію

Сульфат алюмінію застосовують для очищення кольорових і каламутних вод в інтервалі значень рН 5-7,5. Чим більша твердість і менша кольоровість оброблюваної води, тим вище оптимальне значення рН середовища. Безводний сульфат алюмінію – білий порошок зі щільністю 2710 кг/м³. З водних розчинів в інтервалі температур -12...+112,2°C кристалізується 16-гідрат сульфату алюмінію (рис. 4.1). За -12,0°C і вмісту сульфату алюмінію 27,2 % утворюється евтектика.

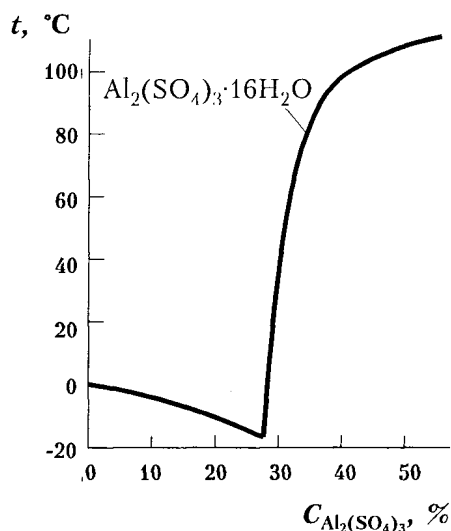


Рисунок 4.1 – Діаграма розчинності в системі $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 - \text{H}_2\text{O}$

У повітряному середовищі під час нагрівання відбувається постійне виділення води з утворенням 12-гідрату за 80-90°C і 6-гідрату - за 130°C. У замкнутій посудині 16-гідрат плавиться у власній кристалізаційній воді за температури 86°C. Кристалогідрат, що містить 12 молекул води, під час нагрівання на повітрі не плавиться. В інтервалі 200-300°C утворюється моногідрат. Повна дегідратація відбувається за 450°C протягом двогодинного висушування. Руйнування безводного сульфату алюмінію з видаленням оксиду сульфуру (VI) починається за 650°C та інтенсивно відбувається в інтервалі температур 700-800°C. При цьому у твердій фазі утворюється $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. З підвищенням температури до 1000°C практично повністю видаляється SO_3 , який у газовій фазі понад 700°C дисоціює на SO_2 та O_2 .

У водних розчинах рН залежить від температури, концентрації солі та молярного співвідношення Al_2O_3 і SO_3 . У разі надлишку Al_2O_3 проти стехіометричної кількості спостерігається збільшення рН, в разі нестачі –

зменшення. Сульфат алюмінію у водних розчинах гідролізує з утворенням гідроксоіонів алюмінію та іонів водню. Тому в його розчині може розчинятися гідроксид алюмінію, що спричинює підвищення рН розчину. Чим більша концентрація сульфату алюмінію і вища температура, тим більша розчинність гідроксиду алюмінію. Проте слід брати до уваги, що за дуже високих температури і гідротермальних умов (понад 170°C) помітно утворюються важкорозчинні основні солі Алюмінію типу гідрогеновмісного алуніту – $H_2[Al_6(SO_4)_4(OH)_{12}]$.

В інтервалі значень рН 3,8-4,9 гідроліз іонів Al^{3+} відбувається за першою стадією з утворенням гідроксокомплексних іонів $[Al(H_2O)_5(OH)]^{2+}$; за рН 5-5,6 утворюються переважно іони $[Al(H_2O)_4(OH)_2]^+$ за другою стадією гідролізу. Осадження відбувається в інтервалі значень рН 5-11. Для забезпечення глибокого осадження гідроксиду алюмінію значення рН очищуваної води має перебувати в межах 7,2-7,6, а її температура – 20-30°C. У разі нижчих температур очищуваної води інтервал значень рН звужується і за 10°C становить 7-7,2. З лужного розчину $Al(OH)_3$ осаджується за рН близько 11.

Сульфат алюмінію випускають у формі кусків невизначених розмірів масою до 10 кг або лусочок з масовою часткою Al_2O_3 14-16,3%. У незначній кількості сульфат алюмінію поставляється споживачеві у вигляді розчину, що містить 6,7-7,7% Al_2O_3 , а також у вигляді неочищеного продукту, який являє собою суміш сульфату алюмінію і нерозчинного залишку, переважно оксиду силіцію (IV) (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 - Вимоги до якості сульфату алюмінію

Продукт	Сорт	Нормовані показники					Нерозчинний залишок Al_2O_3 , не більше
		Масова частка Al_2O_3 , %, не менше	Масова частка, %, не більше				
			Нерозчинний залишок	H_2SO_4 (вільна)	Fe_2O_3	As_2O_3	
Сульфат алюмінію (очищений)	Вищий	17,0	0,2		0,02	0,003	
	Перший	16,3	0,3	—	0,04	0,003	—
	Другий	15,0	0,5	0,05	0,70	0,003	—
Сульфат алюмінію технічний (очищений) у рідкому стані	—	$7,2 \pm 0,5$	1,0	0,1	0,1	0,003	—
Сульфат алюмінію технічний (неочищений)	А	9,5	—	2,0	0,5	0,003	2,2
	Б	9,5	—	3,0	0,9	0,003	2,7

Якщо масова частка Al_2O_3 в продукті менша за 15%, відбувається злежування продукту, що призводить до значних утруднень під час його використання. Істотним недоліком неочищеного сульфату алюмінію є низький вміст корисного компонента (сульфату алюмінію), а також підвищений -

нерозчинного залишку та вільної сульфатної кислоти. Цей продукт характеризується незадовільним товарним виглядом, що спричинює великі ускладнення під час підготовки коагулянту до використання, підвищену агресивність розчинів та збільшення транспортних витрат. Як коагулянти можна застосовувати алюмінієві галуни - $RAl(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O$, де R – іони Na^+ , K^+ і NH_4^+ . Проте їх застосування обмежене через високу вартість.

В останні роки розроблено технологію отримання нового ефективного коагулянту – дигідроксосульфату алюмінію (ДГСА) – $Al_2(SO_4)_2(OH)_2 \cdot 11H_2O$. Основні переваги ДГСА перед сульфатом алюмінію полягають ось у чому: він працює в ширшому інтервалі значень рН очищуваної води, потребує меншого лужного резерву і має значно кращу пластівцеутворювальну здатність, особливо за низьких температур. Міцели, утворені в результаті гідролізу, мають вищий позитивний заряд і кращу адсорбційну здатність. Оскільки він є більш основним коагулянтом, його розчини менш агресивні, завдяки чому різко знижується кислотна корозія обладнання та комунікацій. Для виробництва дигідроксосульфату алюмінію потрібно значно менше (на 33%) сульфатної кислоти, що дає змогу істотно зменшити його собівартість. Витрати нового коагулянту (в розрахунку на Al_2O_3) на 15-20%, а іноді - на 30-35% нижчі, ніж сульфату алюмінію.

Дигідроксосульфат алюмінію являє собою білий дрібнозернистий порошок. У разі повільної кристалізації можуть утворюватися великі кристали. Форма зерен призматична, рідко трапляються пластинчасті утвори. Розмір зерен коливається від 40 до 100 мкм за довжиною і від 10 до 25 мкм за шириною. Показник заломлення $n_p=1,466$ і $n_d=1,471$ і змінюється залежно від вмісту кристалізаційної води. Сіль, висušена за $150^\circ C$, представлена ізотропною оптично неактивною речовиною. Показник заломлення $n=1,468$ за глибшого зневоднення солі збільшується до 1,528.

Дигідроксосульфат алюмінію добре розчиняється у воді, краще, ніж сульфат алюмінію. З підвищенням температури його розчинність збільшується:

Температура, $^\circ C$	5	10	14	31,5	50,5	70,5
Розчинність ДГСА, %	41,9	44,3	46,3	48,4	54,1	59,4
% за Al_2O_3	8,4	8,5	9,3	9,7	10,9	11,9

Насичений за $22^\circ C$ розчин солі густиною $1,25 \text{ кг/дм}^3$ і концентрацією 8,5% Al_2O_3 не замерзає і не кристалізується протягом тривалого часу за температури $-(10-15)^\circ C$.

Значення рН розчинів дигідроксосульфату алюмінію в ділянці концентрацій 0,5-8% Al_2O_3 змінюється в межах 4,09-3,14. Із зменшенням модуля основності (молярного відношення SO_3/Al_2O_3) розчинів, а також з їх розбавлянням значення рН збільшується.

Хлорид і гідроксохлориди алюмінію

Із хлоровмісних сполук алюмінію найбільше застосування для очищення води знайшли хлорид алюмінію й особливо гідроксохлориди $Al_2(OH)_nCl_{n-1}$. Нині в промислових масштабах виробляють і широко застосовують у практиці водопідготовки пентагідроксохлорид алюмінію $Al_2(OH)_5Cl$, що зумовлено цілою низкою його позитивних властивостей. Під час використання цього

коагулянту інтенсифікується пластівцеутворення і прискорюється осадження коагульованих зависей. Значно зменшуються витрати коагулянту для очищення малоабарвлених вод з низьким вмістом солей і завислих часточок. Інтервал оптимальних значень рН істотно розширюється, особливо в бік низьких значень. Оскільки пентагідроксохлорид алюмінію має меншу кислотність, він придатний для очищення вод з невеликим лужним резервом. Відносно сульфату алюмінію у разі використання еквівалентної кількості $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$ лужність води під час взаємодії з гідрогенкарбонатом кальцію знижується в 6 разів. Враховуючи малий вміст хлорид-іонів у коагулянті, при його застосуванні солевміст очищуваної води збільшується меншою мірою, ніж у разі використання сульфату алюмінію. Крім того, зменшується кількість залишкового алюмінію в оброблюваній воді. Пентагідроксохлорид алюмінію характеризується значно вищим вмістом водорозчинного алюмінію, а його розчини не потребують застосування неіржавних сталей і протикорозійного захисту апаратури та трубопроводів. Під час зберігання коагулянт не злежується і не старіє.

Хлорид алюмінію AlCl_3 - кристалічний порошок білого кольору щільністю 2470 кг/м^3 , кристалізується у вигляді безбарвних псевдогексагональних пластинок. Він сублімується за $182,7^\circ\text{C}$ і плавиться за $192,4^\circ\text{C}$ і тиску $2,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Добре розчиняється у воді і майже в усіх органічних розчинниках. Розчинність хлориду алюмінію у воді:

Температура, $^\circ\text{C}$	0	20	100
Розчинність, %	30,5	31,4	32,9

З водного розчину кристалізується гексагідрат $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ щільністю 2400 кг/м^3 . Під час заємодії з вологою повітря хлорид алюмінію гідролізує:



Під час нагрівання водних розчинів у результаті гідролізу утворюється гідроксохлорид алюмінію $\text{Al}_2(\text{OH})_3\text{Cl}_3$. Електролізом водних розчинів хлориду алюмінію отримують гідроксохлориди $\text{Al}(\text{OH})_a\text{Cl}$ і $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$.

Під час нагрівання $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в інтервалі температур $50-70^\circ\text{C}$ видаляється сорбована волога, а за $105-110^\circ\text{C}$ внаслідок взаємодії з кристалізаційною водою він розкладається. За 400°C утворюється аморфний оксид алюмінію, який в інтервалі температур $600-800^\circ\text{C}$ перетворюється на $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, а понад 900°C - на $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$.

У разі обробки алюмінію хлоридною кислотою, взятою в недостатній кількості для повного розчинення, за температури кипіння утворюється пентагідроксохлорид алюмінію $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$. З розчину його можна осадити додаванням хлориду натрію. Цей продукт можна також отримати обробкою активного гідроксиду алюмінію, що утворився під час карбонізації алюмінатних розчинів, хлоридною кислотою, взятою в недостатній кількості. Пентагідроксохлорид алюмінію можна отримати у вигляді склоподібних пластин або зернистого порошку з насипною масою 1000 кг/м^3 . Він легко розчиняється у воді.

У разі повільного добавляння луку до водного розчину хлориду алюмінію утворюється дигідроксохлорид $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$. Деякі фізико-хімічні властивості 1 М

розчинів хлориду і гідроксохлоридів алюмінію наведено в таблиці 4.2. Гідроксохлориди алюмінію зі ступенем основності (відношення числа ОН⁻ груп до числа атомів Алюмінію в брутто-формулі) менше ніж 2 можна отримати і зберігати впродовж тривалого часу, якщо концентрація хлоридів не перевищує 4,5 моль/дм³. Розчини зі ступенем основності 2-2,5 можна отримати і зберігати в будь-яких технологічно виправданих концентраціях. Тверді продукти доцільніше отримувати з розчинів зі ступенем основності 2-2,5.

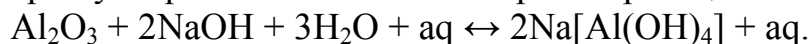
Алюмінат натрію

Алюмінат натрію зазвичай використовують як добавку для інтенсифікації процесу коагуляції домішок води сульфатом алюмінію. Змінюючи співвідношення сульфату алюмінію та алюмінату натрію, можна досягти заданого значення рН, необхідного для задовільної коагуляції різних вод за будь-якої лужності. У водах з низьким значенням рН алюмінат натрію застосовується як основний реагент без сульфату алюмінію. Витрати алюмінату разом із сульфатом алюмінію коливаються в межах 0,5-2 мг/дм³ за Al₂O₃.

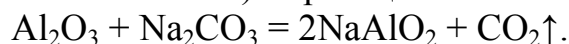
Таблиця 4.2 – Властивості водних розчинів хлориду і гідроксохлоридів алюмінію

Сполука	Концентрація, г/дм ³		Густина, кг/м ³		В'язкість · 10 ⁻³ , Па · с		Питома електропровідність, Ом ⁻¹ · с ⁻¹		рН
	солі	алюмінію	25°C	75°C	25°C	75°C	25°C	75°C	
AlCl ₃	133,5	27	1108	1088	2,08	0,786	1,09	2,12	2,63
	405	81	1315	1295	26,13	5,47	0,45	1,51	0,38
Al(OH)Cl ₂	115	27	1088	1066	1,66	0,63	0,95	1,97	3,40
	345	81	1266	1245	8,65	2,56	0,92	2,25	2,51
Al(OH) ₂ Cl	96,5	27	1063	1039	1,27	0,507	0,53	1,11	3,76
	289,5	81	1190	1167	2,88	1,15	1,18	2,35	2,95'
Al ₂ (OH) ₅ Cl	174,5	54	1114	1089	1,89	0,70	1,143	0,193	4,46
	349	108	1226	1202	5,13	1,79	0,157	0,220	4,30

Під час взаємодії алюмінію, а також його оксидів і гідроксидів з гідроксидом натрію утворюється алюмінат натрію за реакцією



Ця реакція відбувається інтенсивніше з підвищенням температури, норми і концентрації лугу. Алюмінат натрію утворюється також під час взаємодії оксиду або гідроксиду алюмінію з карбонатом натрію за підвищених температур (спікання за 1200-1300°C) за реакцією



У системі Al₂O₃ — Na₂O — H₂O за 30-200°C кристалізується моноалюмінат натрію Na₂O · Al₂O₃ · 2,5H₂O. Він представлений монокристалами квадратного габітусу. На кривій ДТА спостерігаються ендотермічний ефект з максимумом за 250°C, зумовлений видаленням води, а також ендотермічний ефект за 680-700°C, що характеризує процес кристалізації безводного алюмінату натрію. Під час кристалізації алюмінату натрію з водних розчинів в

інтервалі температур 30-85°C за ізотермічних і політермічних умов показано, що вихід продукту залежить від температури. Зі зниженням температури від 85 до 30°C вихід алюмінату підвищується від 58,6 до 81,2% при одночасному збільшенні тривалості процесу. Особливо значний вплив на кристалізацію алюмінату натрію має початкова концентрація гідроксиду натрію. Зі збільшенням концентрації лугу від 448 до 528 г/дм³ Na₂O вихід алюмінату натрію підвищується від 13,4 до 85,5%. Зниження виходу алюмінату за низьких концентрацій лугу (425 г/дм³ Na₂O) зумовлене підвищенням рівноважного вмісту оксиду алюмінію в розчині.

Залізовмісні коагулянти

Із солей заліза як коагулянти найбільше використовують сульфати заліза і хлорид заліза (III). Застосовують також залізовмісні коагулянти, отримані хлоруванням залізної стружки у водному середовищі та анодним розчиненням заліза в розчині хлориду натрію або сульфатної кислоти. Солі заліза мають кращі коагуляційні властивості в інтервалі рН 3,5-6,5 або 8-11. Знебарвлення води краще відбувається при рН 3,5-5,0. Залізовмісним коагулянтам слід віддавати перевагу в разі очищення каламутних твердих вод з високим значенням рН, а також очищення стоків. Вони дають змогу усунути запахи і присмаки, зумовлені наявністю гідрогенсульфуру, видаляти сполуки миш'яку, марганцю, міді, а також сприяють окисненню органічних сполук.

Порівняно з солями алюмінію солі заліза можуть застосовуватися для очищення вод з різноманітнішим сольовим складом і різними значеннями рН, краще діють за низьких температур, характеризуються більшою міцністю і гідравлічною крупністю пластівців. Недоліками солей заліза як коагулянтів є підвищені кислотні властивості, що чинять корозійну дію на апаратуру. Під час взаємодії іонів заліза з деякими органічними сполуками утворюються розчинні сильно забарвлені комплекси. Утворені пластівці в процесі очищення мають менш розвинену поверхню. У разі використання як коагулянту солей заліза (II) слід застосовувати вапно і хлор для окиснення заліза до тривалентного. У протилежному разі утворення пластівців значно уповільнюється. Технічні вимоги до сульфату заліза (II) – залізного купоросу, який отримують у процесі сірчаноокислотного травлення заліза, та оксиду титану (IV) наведено в таблиці 4.3.

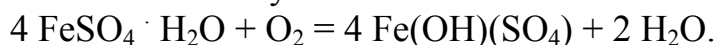
Таблиця 4.3 – Технічні вимоги до реагентів

Показник	Сульфат заліза (II)		Оксид титану (IV)
	Сорт 1	Сорт 2	
Вміст сульфату заліза (II) FeSO ₄ , %, не менше	53,0	47,0	47,0
Вміст вільної сульфатної кислоти, %, не більше	0,3	1,0	5,0
Вміст нерозчинного залишку, %, не більше	0,2	1,0	5,0
Зовнішній вигляд і колір	Зеленкувато-блакитні кристали різних розмірів		

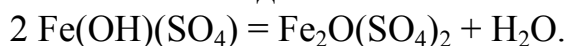
Сульфат заліза (II) кристалізується з водного розчину в інтервалі температур $-1,8-90^{\circ}\text{C}$ у вигляді кристалогідратів з сімома, чотирма і одним молекулою води. Гептагідрат сульфату заліза (II) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ утворюється в інтервалі температур $-1,8-56,8^{\circ}\text{C}$ у вигляді моноклінних кристалів світло-зеленого кольору щільністю 1800 кг/м^3 . На повітрі він вивітрюється й окиснюється з утворенням основного сульфату заліза (III) $\text{Fe}(\text{OH})(\text{SO}_4)$ жовтуватого-коричневого кольору.

Тетрагідрат сульфату заліза (II) $\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ кристалізується з водного розчину за $56,8-64^{\circ}\text{C}$ у вигляді зелених кристалів щільністю 2200 кг/м^3 . За температури понад 64°C утворюються кристали $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ моноклінної сингонії щільністю 3050 кг/м^3 . Розчинність у воді сульфату феруму (II) із збільшенням температури від $-1,8$ до $56,7^{\circ}\text{C}$ підвищується відповідно від 14,91 до 35,3%.

За наявності кисню у водному розчині сульфат заліза (II) окиснюється. Гептагідрат сульфату феруму (II) за 64°C розчиняється у своїй кристалізаційній воді, а за подальшого підвищення температури відбувається дегідратація з утворенням гексагідрату за 70°C , тетрагідрату - в інтервалі температур $70-120^{\circ}\text{C}$ і моногідрату - за $120-130^{\circ}\text{C}$. За $150-250^{\circ}\text{C}$ останній при наявності кисню повітря перетворюється на основну сіль:



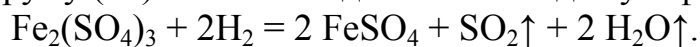
За $350-400^{\circ}\text{C}$ основна сіль зневоднюється:



Оксосіль $\text{Fe}_2\text{O}(\text{SO}_4)_2$ за $400-450^{\circ}\text{C}$ розкладається з утворенням рентгеноаморфного оксиду заліза і сполуки $\text{Fe}_4\text{O}(\text{SO}_4)_5$, яка перетворюється на $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ з виділенням сірчаного ангідриду в газову фазу при подальшому нагріванні.

З водних розчинів сульфату заліза (III) кристалізуються 12-, 10-, 9-, 7-, 6- і 3-гідрати. Нонагідрат сульфату заліза (III) трапляється в природі у вигляді мінералу кокімбіту. Гексагональні кристали щільністю 2110 кг/м^3 мають короткопризматичну або пірамідальну форму. Гексагідрат трапляється в природі під назвою мінералу лаусеніту і кристалізується в моноклінній сингонії у вигляді таблитчастих безбарвних кристалів. В $0,1 \text{ кг}$ води за 20°C розчиняється $0,44 \text{ кг}$ наонагідрату сульфату феруму (III).

Зневоднення гептагідрату сульфату заліза (III) у повітряній атмосфері відбувається поетапно. В інтервалі температур $115-145^{\circ}\text{C}$ утворюється пентагідрат, за $170-200^{\circ}\text{C}$ - дигідрат і за $200-240^{\circ}\text{C}$ - моногідрат сульфату заліза (III). В інтервалі температур $240-265^{\circ}\text{C}$ утворюється безводний $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. За $600-750^{\circ}\text{C}$ у повітряній атмосфері видалається сірка з утворенням у твердій фазі сполуки $\text{Fe}_4\text{O}(\text{SO}_4)_5$. З підвищенням температури випалення в продуктах розкладання утворюється $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$. За температур понад 350°C в атмосфері водню сульфат феруму (III) частково відновлюється до сульфату заліза (II):

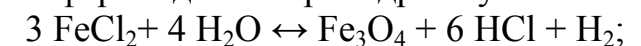


За вищих температур розкладання відбувається аналогічно розкладанню сульфату заліза (II). Безводний сульфат заліза (III) утворює ромбічні кристали щільністю 3100 кг/м^3 , гігроскопічний і розпливається при взаємодії з атмосферною вологою. З водних розчинів сульфатів лужних металів, амонію і

заліза (III) кристалізуються подвійні солі-галуни $\text{Me}[\text{Fe}(\text{SO}_4)_2] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, де Me^+ - одновалентний іон.

Сульфат заліза (III) у водних розчинах гідролізує. З підвищенням температури і зменшенням концентрації солі ступінь гідролізу підвищується. Гідроліз інтенсифікується при додаванні сульфатів калію, натрію та амонію. При цьому вихід заліза в тверду фазу і концентрація сульфатної кислоти в маточному розчині зростають. Під час взаємодії розчинів сульфату заліза (III) зі свіжоосадженим гідроксидом феруму (III) утворюються водорозчинні основні сульфати заліза (III). Після відокремлення нерозчинного залишку фільтруванням і висушування розчинів на повітрі за кімнатної температури утворюється продукт молекулярного складу $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2,35 \text{ SO}_3 \cdot 6,6 \text{ H}_2\text{O}$. При нагріванні його в атмосфері повітря відбувається поетапне виділення води.

Хлорид заліза (II) безводний являє собою гігроскопічну безбарвну масу, що розпливається на повітрі; за підвищеної температури леткий. Він легко розчиняється у воді і спирті. За 20°C в 0,1 кг води розчиняється 0,685 кг FeCl_2 . З водних розчинів кристалізуються гідрати з 6, 4 і 2 моль води. Тетрагідрат хлориду заліза (II) кристалізується під час випаровування водних розчинів у вигляді моноклінних кристалів синьо-зеленого кольору, що розпливаються на повітрі. Під час нагрівання в інтервалі температур $120\text{--}230^\circ\text{C}$ поетапно зневоднюється, в атмосфері водяної пари гідролізує:



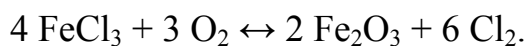
Безводний хлорид заліза (III) FeCl_3 осаджується з водних розчинів у вигляді гексагональних кристалів зеленуватого або темно-коричневого кольору щільністю 2900 кг/м^3 . За 300°C він плавиться, а за 317°C кипить. Хлорид заліза (III) гігроскопічний. При 20°C насичений водний розчин FeCl_3 містить 47,9% хлориду. З водних розчинів кристалізується декілька гідратів. Хлорид заліза (III) у воді гідролізує, внаслідок чого розчини мають кислу реакцію. Під час гідролізу хлориду заліза (III) на холоді утворюються оксихлориди заліза типу FeOCl та ін. Оксихлорид заліза кристалізується у вигляді ромбічних листочків, що мають металічний блиск і в прохідному світлі забарвлені в червоний колір, щільністю 3550 кг/м^3 . У водних розчинах за кімнатної температури оксихлориди перетворюються на $\gamma\text{-FeOOH}$ і $\alpha\text{-FeOOH}$. Стійкішим продуктом гідролізу є гетит - $\alpha\text{-FeOOH}$.

Ступінь гідролізу розбавлених розчинів хлориду заліза (III) за 12°C через 48 год становить:

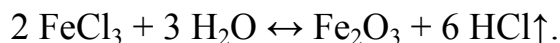
Концентрація FeCl_3 , моль/дм ³	0,02047	0,0068	0,00102	0,00026
Ступінь гідролізу, %	0,6	23,55	56,12	79,03

Як продукти гідролізу виділені основні хлориди $\text{Fe}(\text{OH})\text{Cl}_2$ і $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{Cl}$. Кінцевим продуктом гідролізу є сполука $\text{FeCl}_3 \cdot n \text{Fe}(\text{OH})_3$. У результаті гідролізу FeCl_3 утворюється $\beta\text{-FeOOH}$. В останньому міститься до 4% іонів хлору, розподілених у ґратках. Під час нагрівання $\beta\text{-FeOOH}$ зневоднюється і перетворюється на $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$.

В атмосфері повітря хлорид заліза (III) перетворюється на оксид заліза (III) з виділенням хлору:



В атмосфері водяної пари під час нагрівання хлорид заліза (III) гідролізує з утворенням оксиду заліза (III) в твердій фазі і виділенням гідрогенхлориду в газову фазу:



У разі нагрівання у вакуумі понад 500°C хлорид заліза (III) частково розкладається з утворенням хлориду заліза (II) та елементарного хлору.

2. Флокулянти

Флокулянти, які застосовують для очищення води, можна розділити на три групи: неорганічні полімери, природні високомолекулярні речовини та синтетичні органічні полімери.

Серед *неорганічних флокулянтів* найбільшого поширення набула активна силікатна кислота (АК). Її розглядають як колоїдну систему, що складається з часточок, які мають чітку поверхню поділу фаз, тобто як золь SiO_2 . Часточки сферичної форми мають розмір від 1 до 150 нм. За іншими уявленнями, АК є розчином високомолекулярних силікатних кислот.

До *високомолекулярних флокулянтів природного походження* належать крохмаль та його похідні, декстрин, альгінат натрію, похідні целюлози, гуарові смоли, хітозан, лігносульфонові кислоти та їх солі. Крохмаль складається з двох полімерних вуглеводів – лінійного полімеру амілози і розгалуженого амілопектину. Ці речовини мають однаковий склад елементарної ланки: $\text{C}_5\text{H}_5\text{O}_2(\text{CH}_2\text{OH})$. Молекулярна маса амілози становить декілька сотень тисяч, а амілопектину – досягає декількох мільйонів. Від'ємний заряд розчинного крохмалю зумовлений наявністю незначної кількості естерів фосфатної кислоти $\text{CH}_2\text{ORO}(\text{OH})_2$.

На основі крохмалю *синтезовані ефективні катіонні флокулянти* – аміновані крохмалі, до складу яких входять третинні аміногрупи — $\text{OCH}_2\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$, або солі четвертинних амонійних основ — $\text{OCH}_2\text{—CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{Cl}$. Ефективними флокулянтами є крохмалі, до яких прищеплюють синтетичні полімери: поліакриламід, поліакрилову кислоту, естери поліметакрилової кислоти тощо. Як неіонні флокулянти використовують декстрин - крохмаль, оброблений сульфатною кислотою. Він містить амілози і має макромолекули менших розмірів.

З целюлози отримують похідні метил-, карбоксиметил-, оксіетилцелюлоз та інші водорозчинні аніонні поліелектроліти. Найбільшого поширення набула натрієва сіль карбоксиметилцелюлози (Na-КМЦ) складу $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2(\text{OH})_{2-x}(\text{CH}_2\text{OH})_{1-y}(\text{OCH}_2\text{COONa})_x(\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CONa})_y$. Молекулярна маса залежно від умов синтезу коливається в межах $40 \cdot 10^3$ - $450 \cdot 10^3$, найчастіше $40 \cdot 10^3$ - $110 \cdot 10^3$. Солі важких і багатозарядних металів з Na-КМЦ не розчинні у воді.

Флокулянти на основі гуарових смол містять активну галактоманозу $\text{C}_5\text{H}_5\text{O}_2(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$ з молекулярною масою порядку $220 \cdot 10^3$. Ці реагенти належать до неіонних флокулянтів і мають високу флокулюючу здатність. Хітозан являє собою полі(1,4-β, D-глюкозамін) і має склад елементарної ланки $\text{C}_5\text{H}_5(\text{OH})(\text{NH}_2)\text{CH}_2(\text{OH})$. Молекулярна маса становить $(5-15) \cdot 10^4$. Добре

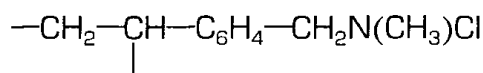
розчиняється в органічних кислотах. Аміногрупа надає хітозану властивостей катіонного поліелектроліту. Лігносульфонові кислоти являють собою тримірний жорстколанцюговий сітчастий полімер, основу якого складають фенілпропанові ядра з фенольними і сульфогрупами. Молекулярна маса аніонних поліелектролітів коливається в межах від $2 \cdot 10^3$ до $100 \cdot 10^3$.

Значно більше застосовують синтетичні високомолекулярні флокулянти (ВМФ), які поділяють на неіонні, аніонні та катіонні. Найпоширенішим є поліетиленоксид (ПЕО) зі складом елементарної ланки $\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—O—}$. Він має молекулярну масу від $4 \cdot 10^4$ до $5 \cdot 10^7$, найчастіше $M > 10^6$. Відомі аналоги ПЕО з $M < 4 \cdot 10^4$. Флокулянт змішується з водою в будь-яких співвідношеннях, добре розчиняється у більшості органічних розчинників. Під час нагрівання водного розчину ПЕО понад 100°C полімер осаджується. Він також висолюється солями типу KCl. У разі тривалого зберігання розчинів ПЕО, ультрафіолетового опромінювання, нагрівання та інтенсивного перемішування, ультразвукової обробки, дії окисників (хлору, озону, кисню), а також при наявності іонів Купруму, Феруму або Алюмінію відбувається деструкція йонів полімеру. Розчини ПЕО стабілізують додаванням 0,2-0,5% оксихіноліну, а також етилового, ізопропілового або алілового спиртів.

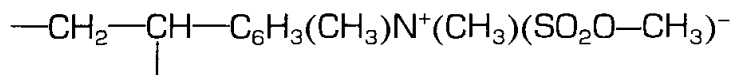
Одним з найпоширеніших аніонних флокулянтів є поліакриламід (ПАА). Він являє собою полімер акриаміду $\text{—CH}_2\text{—CH—CONH}_2$ з молекулярною масою $(1-6) \cdot 10^6$. Поліакриламідні флокулянти виготовляють переважно у вигляді гелю з масовою часткою полімеру 7-11%, рідше - у вигляді гранул з масовою часткою основної речовини 82-98% (ПАА-ГС - поліакриламід гранульований сульфатний). Поліакриламід гідролізується водою, лугами, кислотами з утворенням акрилової кислоти та її солей. У практиці широко застосовують гідролізовані поліакриламідні (ГПАА), що являють собою співполімери акриаміду з акрилатами при вмісті останніх понад 20%. До аніонних флокулянтів належать також гідролізований поліакрилонітрил (гіпан), співполімери акриаміду, акрилонітрилу та акрилатів, а також метасол, полістиролсульфо кислота та ін.

До катіонних флокулянтів належать поліетиленімін (ПЕІ), четвертинні амонієві солі на основі полістиролу, полімер піридинової солі (ППС), полідиметиламіноетилметакрилати (полі-ДМАЕМА), аміфлок, поліаміноалкілові естери метакрилової кислоти, полівінілпіролідони (ПВП) та ін. Високомолекулярний ПЕІ складається з ланок двох типів: $\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—NH—}$ і $\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—N—CH}_2\text{—CH}_2\text{—NH}_2$; має молекулярну масу порядку $(4-11) \cdot 10^4$. Він добре розчиняється у воді, спирті, ацетоні та хлороформі. У розбавлених водних розчинах поступово розкладається з виділенням аміаку і деструкцією макромолекул. З солями Купруму, Цинку, Кобальту, Ніколу, Плюмбуму та деяких інших металів ПЕІ утворює інтенсивно забарвлені міцні комплексні сполуки. Він взаємодіє з білками, полівінілсульфо кислотою, поліметакрилатом натрію, карбоксиметилцелюлозою та іншими водорозчинними сполуками, що містять кислотні групи, з утворенням не розчинних у воді полімер-полімерних комплексів.

Четвертинні амонієві солі на основі полістиролу (ВПК і ВА) з елементарною ланкою



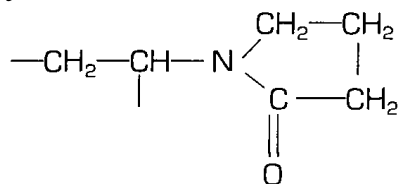
мають молекулярну масу в межах $5 \cdot 10^4$ – $5 \cdot 10^5$. Склад елементарної ланки флокулянту ППС



Він добре розчиняється у воді і метиловому спирті, слабо - в етиловому спирті.

Полі-ДМАЕМА являє собою сіль третинного аміну з елементарною ланкою складу $\text{—CH}_2\text{—C(CH}_3\text{)COOC}_2\text{H}_4\text{N(CH}_3\text{)}_2 \cdot \text{HCl}$. Має молекулярну масу порядку $(1,2\text{--}1,5) \cdot 10^6$. Розчиняється у воді, ацетоні, метиловому і бутиловому спиртах. У розбавлених розчинах на світлі, при наявності йонів Феруму, карбонатів і силікатів, а також під час нагрівання понад 25°C відбувається деструкція полімеру.

Аміфлок є співполімером метакриламід у діетиламіноетилметакрилату у співвідношенні 65:35. Флокулянт ПВП має склад елементарної ланки



Він має молекулярну масу 10^4 – $3 \cdot 10^5$. Добре розчиняється у воді, спиртах, етиленгліколі, гліцерині, амінах, хлороформі та інших розчинниках.

3. Визначення необхідної дози коагулянту та флокулянту

Згідно [2] марку і вид реагентів, розрахункові дози реагентів слід встановлювати на основі попередніх досліджень відповідно з їх характеристиками для різних періодів року залежно від якості вихідної води та коригувати в період налагодження та експлуатації споруд. При цьому потрібно враховувати допустимі їх залишкові концентрації в обробленій воді, які передбачені санітарними нормами і правилами та технологічними вимогами. Всі реагенти, які застосовують для приготування питної води повинні бути дозволені Міністерством охорони здоров'я України.

Дозу коагулянту, D_K , мг/дм³, в розрахунку на $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, FeCl_3 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (за безводною речовиною) допускається приймати при обробці:

- каламутних вод - відповідно до таблиці 15 [2] (Додаток Е);
- забарвлених вод – за формулою

$$D_K = 4\sqrt{3ab}, \quad (4.1)$$

де $3ab$ - забарвленість оброблюваної води, град.

При одночасному вмісті у воді завислих речовин і забарвленості приймається більша з доз коагулянту, визначених за таблицею 15 [2] і формулою (4.1).

Для покращення процесів коагулювання забруднень та їх видалення з води рекомендується застосовувати **органічні та неорганічні флокулянти**. Порядок введення флокулянтів у воду, їх вид та дози слід встановлювати на основі результатів технологічних досліджень. Для орієнтовних розрахунків, при використанні органічного флокулянту (поліакриламід) доза його за безводним продуктом:

- при введенні перед відстійниками або освітлювачами із завислим осадом – $0,20-1,5 \text{ мг/дм}^3$;
- при введенні перед фільтрами в схемах з відстоюванням (освітлення в шарі завислого осаду) і фільтруванням – $0,05-0,015 \text{ мг/дм}^3$;
- при введенні перед фільтрами в схемах з одноступінчастим фільтруванням – $0,20-0,60 \text{ мг/дм}^3$.

При використанні неорганічного флокулянту – активованої кремнієвої кислоти (за SiO_2) доза її за безводним продуктом:

- при введенні перед відстійниками або освітлювачами із завислим осадом для води з температурою понад $5-7^\circ\text{C}$ – $2-3 \text{ мг/л}$, з температурою менше ніж $5-7^\circ\text{C}$ – $3-5 \text{ мг/л}$;
- при введенні перед фільтрами при двоступінчастому очищенні – $0,2-0,5 \text{ мг/л}$;
- при введенні перед контактними освітлювачами або фільтрами при одноступінчастому очищенні, а також перед префільтрами – $1-3 \text{ мг/л}$.

Завдання до теми 4:

1. Визначте дозу коагулянту, якщо відомі результати аналізу води: каламутність 320 НОК, забарвленість 70 град. пкш, температура 18°C , окисність $6 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$.
2. Визначте дозу коагулянту в схемі очищення воді з контактними освітлювачами, якщо відомі результати аналізу води: каламутність 95 мг/дм^3 , забарвленість 60 град. пкш, температура 20°C , окисність $4 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$.

ЗМ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД ГОМОГЕННИХ ДОМІШОК

Тема 5. Розрахунок адсорбційних апаратів. Розрахунок іонообмінної установки

1. Розрахунок адсорбційних апаратів

Залежно від дисперсного складу адсорбенту принципові конструкції адсорберів можна підрозділити на такі типи:

I - адсорбер з нерухомим або рухомим завантаженням, через яке водний потік фільтрується або низхідним потоком зі швидкістю до 20 м/год. , або висхідним - з швидкістю до 12 м/год. ; застосовують для фракцій $0,8-5 \text{ мм}$;

II - адсорбер з псевдозрідженим завантаженням, розширення шару якого здійснюється не менше чим на 50% висхідним потоком води із швидкістю 10-40 м/год.; застосовують для фракцій 0,25-2,5 мм;

III - адсорбери-змішувачі застосовують для фракцій 0,05-0,5 мм;

IV - патронні адсорбери з фільтруванням води із швидкістю 1-12 м/год. через шар адсорбенту завтовшки 0,5-2 см; застосовують для фракцій 0,02-0,1 мм.

Адсорбери I типу можуть застосовуватися для очищення будь-яких об'ємів стічних вод найширшого спектру концентрації і хімічної будови витягуваних домішок.

Якщо вичерпання ємкості адсорбенту відбувається на короткому шарі завантаження (за рахунок високої ефективності адсорбції або малої концентрації адсорбату) і процес можна перервати на період зміни завантаження або її регенерації, то вся висота завантаження, використовувана для адсорбції, розміщується в одному адсорбері.

Якщо необхідна висота завантаження більше розмірів одного адсорбера або процес не може уриватися, то використовують декілька послідовно працюючих адсорберів, або порційний (дискретний або безперервний) вивід з адсорбера відпрацьованого адсорбенту.

У тих випадках, коли витрата води перевищує допустимий для одного адсорбера або необхідний ступінь очищення можна забезпечити за рахунок змішення потоків, що поступають з адсорберів з різною ефективністю роботи, встановлюють паралельно працюючі адсорбери.

Адсорбери II типу найдоцільніше застосовувати для очищення невеликих об'ємів стічних вод з забрудненнями, які добре сорбуються.

Адсорбери III типу ефективно використовувати для очищення невеликих об'ємів висококонцентрованих стічних вод, а адсорбери IV типу - для очищення невеликих об'ємів низькоконцентрованих стічних вод (5-10 мг/л витягуваних домішок).

Адсорбери з щільним шаром завантаження активного вугілля

Як адсорбери належить застосовувати конструкції безнапірних відкритих і напірних фільтрів із завантаженням у вигляді щільного шару гранульованого вугілля крупністю 0,8-5 мм.

Вміст завислих речовин в стічних водах, що поступають на адсорбери, не повинен перевищувати 5 мг/л.

Площа завантаження адсорбційної установки

$$F_{\text{ads}} = \frac{q_w}{v}, \text{ м}^2, \quad (5.1)$$

де q_w - середньогодинна витрата стічних вод, м³/год.;

v - швидкість потоку, що приймається не більше 12 м/год.

При виключенні одного адсорбера швидкість фільтрування на останніх не повинна збільшуватися більш ніж на 20%.

Кількість послідовно працюючих адсорберів

$$N_{ads} = \frac{H_{tot}}{H_{ads}}, \quad (5.2)$$

де H_{ads} - висота сорбційного завантаження одного фільтру, м, що приймається конструктивно;

H_{tot} - загальна висота сорбційного шару, м, визначується за формулою

$$H_{tot} = H_1 + H_2 + H_3, \text{ м}, \quad (5.3)$$

де H_1 - висота сорбційного шару, м, в якому за період t_{ads} (між промиваннями) адсорбційна ємкість сорбенту вичерпується до ступеня K ; розраховується за формулою

$$H_1 = \frac{D_{sb}^{min} \cdot q_w \cdot t_{ads}}{F_{ads} \cdot \gamma_{sb}}, \text{ м}, \quad (5.4)$$

де γ_{sb} - насипна вага активного вугілля; приймається за довідковими даними;

D_{sb}^{min} - мінімальна доза активного вугілля, г/л, вивантажуваного з адсорбера при коефіцієнті вичерпання ємкості K_{sb} , визначується за формулою

$$D_{sb}^{min} = \frac{C_{en} - C_{ex}}{K_{sb} \cdot a_{sb}^{max}}, \text{ г/л}, \quad (5.5)$$

де C_{en}, C_{ex} - концентрації речовини до і після очищення, мг/л;

K_{sb} - приймається рівним 0,6-0,8;

a_{sb}^{max} - максимальна сорбційна ємкість активного вугілля, мг/л, визначується експериментально;

H_2 - висота завантаження сорбційного шару, що забезпечує роботу установки до концентрації C_{ex} протягом часу t_{ads} ; приймається за умовами експлуатації, і визначується за формулою

$$H_2 = \frac{D_{sb}^{max} \cdot q_w \cdot t_{ads}}{F_{ads} \cdot \gamma_{sb}}, \text{ м}, \quad (5.6)$$

де D_{sb}^{max} - максимальна доза активного вугілля, г/л, визначується за формулою

$$D_{sb}^{max} = \frac{C_{en} - C_{ex}}{a_{sb}^{min}}, \text{ г/л}, \quad (5.7)$$

де a_{sb}^{min} - мінімальна сорбційна ємкість активного вугілля, мг/г, визначується експериментально;

H_3 - резервний шар сорбенту, розрахований на тривалість роботи установки протягом часу перевантаження або регенерації шару сорбенту заввишки H_1 , м.

Втрати натиску в шарі гранульованого вугілля при крупності частинок завантаження 0,8-5 мм належить приймати не більше 0,5 м на 1 м шару завантаження.

Вивантаження активного вугілля з адсорбера слід передбачати насосом, гідроелеватором, ерліфтом і шнеком при відносному розширенні завантаження на 20-25%, створюваному висхідним потоком води із швидкістю 40-45 м/год.

У напірних адсорберах допускається передбачати вивантаження вугілля під тиском не менше 0,3 МПа (3 кгс/см²).

Металеві конструкції, трубопроводи, арматура і ємкості, дотичні з вологим вугіллям, мають бути захищені від корозії.

2. Розрахунок іонообмінної установки

Na-катіонування застосовують для пом'якшення *підземної води* з каламутністю не більше 5-8 мг/л і окисністю не більше 15 мг/л O_2 і для *попередньо обробленої* води (коагуляцією, вапнуванням, проясненням).

Під час Na-катіонування з води видаляються катіони Ca^{2+} , Mg^{2+} , а у воду надходять іони Na^+ , аніонний склад води під час Na-катіонування не змінюється.

Після одноступеневого Na-катіонування можна отримати воду із залишковою твердістю до 0,1 мг-екв/л, а для більш глибокого пом'якшення (із залишковою твердістю 0,01-0,02 мг-екв/л) застосовують двоступеневе Na-катіонування.

Даний метод обробки води застосовують, якщо загальна твердість води не перевищує 10 мг-екв/л. Після натрій-катіонування можна застосовувати корекційні методи обробки води (нітратування, амінування та інші).

Вихідними даними для розрахунку є потужність установки (із врахуванням води на власні потреби подальших етапів обробки, тому для багатоступеневої схеми ВПУ технологічні розрахунки ведуть, починаючи з хвостових апаратів), загальна твердість води і залишкова твердість фільтрату.

Порядок розрахунку Na-катіонітових фільтрів I ступеня:

1. Необхідний об'єм катіоніту W_k , м³, у фільтрах першого ступеня

$$W_k = \frac{24 \cdot Q_{Na} \cdot T_{заг}}{n \cdot E_p^{Na}}, \quad (5.8)$$

де Q_{Na} - потужність Na- катіонітових фільтрів, м³/год;

$T_{заг}$ - загальна твердість води, що поступає на фільтри, г-екв/м³ (мг-екв/л) (на натрій-катіонітові фільтри першого ступеня може надходити вода з твердістю, яка дорівнює твердості природної води, або частково пом'якшена після попередньої обробки, тоді вона розраховується за відповідними формулами. На Na-катіонування другого ступеня надходить вода з твердістю 0,1 мг-екв/л);

n - число регенерацій кожного фільтра за добу, яке попередньо приймають в межах від однієї до трьох;

E_p^{Na} - робоча обмінна ємність катіоніта, г-екв/м³

$$E_p^{Na} = \alpha_{Na} \cdot \beta_{Na} \cdot E_{пов} - 0,5 \cdot q_n \cdot T_{заг}, \quad (5.9)$$

де α_{Na} - коефіцієнт ефективності регенерації натрій-катіоніта, який залежить від питомої витрати солі на регенерацію;

β_{Na} - коефіцієнт, що враховує зменшення обмінної здатності катіоніту по Ca^{2+} і Mg^{2+} за рахунок часткового затримання катіонів Na^+ . Цей коефіцієнт залежить від співвідношення $C_{Na}^2/T_{заг}$ (де C_{Na} – концентрація натрію у воді, мг-екв/л);

q_n - питома витрата води на відмивання катіоніта, м³/м³;

0,5 - доля пом'якшення відмивочної води;

$E_{пов}$ - повна обмінна ємність катіоніта, г-екв/м³.

2. Необхідна площа катіонітових фільтрів першого ступеня F_k , м²

$$F_k = \frac{W_k}{H}, \quad (5.10)$$

де H - висота шару катіоніта, м, приймають від 2 до 2,5 м (більшу висоту завантаження слід приймати, якщо твердість води перевищує 10 мг-екв/л).

3. За необхідною площею підбирають потрібну кількість і розміри стандартних фільтрів, які випускаються промисловістю, так щоб сумарна площа фільтрування була рівною або перевищувала необхідну: $\sum f_{Na} \geq F_k$.

Кількість катіонітових фільтрів першого ступеня приймають: робочих – не менше двох, резервний – один. Під час проектування рекомендовано приймати фільтри більших типорозмірів, із тим щоб кількість фільтрів була меншою. У двоступеневих схемах водопідготовки передбачають можливість роботи фільтра другого ступеня в якості фільтра першого ступеня.

4. Для підібраних фільтрів перевіряють швидкість фільтрування:

- нормальну – під час роботи усіх фільтрів, м/год:

$$w'_H = \frac{Q_{Na}}{f_{Na} \cdot a} \leq w_H \quad (5.11)$$

- максимальну – під час регенерації одного з фільтрів, м/год:

$$w'_{\max} = \frac{Q_{Na}}{f_{Na} \cdot (a-1)} \leq w_{\max} \quad (5.12)$$

де w_H і w_{\max} - відповідно нормальна і максимальна швидкості фільтрування, м/год, приймають залежно від твердості води, яка поступає на фільтр;

Q_{Na} - потужність Na-катіонітових фільтрів, м³/год;

f_{Na} - площа фільтрування натрій-катіонітового стандартного фільтра, м²;

a - кількість працюючих фільтрів, приймають не менше двох, окрім резервного, який в розрахунку не враховується.

5. Кількість солей твердості, г-екв/доб, які видаляються за добу на натрій-катіонітових фільтрах

$$A = 24 \cdot T_{заг} \cdot Q_{Na}, \quad (5.13)$$

6. Кількість регенерацій кожного фільтра за добу

$$n = \frac{A}{f_{\text{Na}} \cdot H \cdot E_p^{\text{Na}} \cdot a}, \quad (5.14)$$

7. Регенерацію катіоніта виконують технічною кухонною сіллю. Витрата 100%-ної солі на одну регенерацію натрій-катіонітового фільтра, кг

$$Q_c^{\text{Na}} = \frac{E_p^{\text{Na}} \cdot f_{\text{Na}} \cdot H \cdot q_c}{1000}, \quad (5.15)$$

де q_c - питома витрата солі на регенерацію, г/г-екв.

8. Витрата технічної солі за добу, кг/доб

$$Q_{\text{т.с}} = \frac{Q_c^{\text{Na}} \cdot n \cdot a \cdot 100}{p}, \quad (5.16)$$

де p - вміст солі в технічному продукті, %, для харчової солі другого сорту $p=96,5\%$.

9. Витрати води на регенерацію Na-катіонітового фільтра складаються з витрат води на розпушення фільтра, приготування регенераційного розчину, відмивання катіоніта від продуктів регенерації й надлишку солі.

► Розпушення шару катіоніта необхідне для усунення злежування й видалення подрібнених частинок катіоніта. Витрата води на одне розпушення, м^3

$$Q_{\text{роз}} = \frac{i \cdot f_{\text{Na}} \cdot 60 \cdot t_{\text{роз}}}{1000}, \quad (5.17)$$

де i - інтенсивність розпушення фільтра, л/(с·м²);

$t_{\text{роз}}$ - тривалість розпушення, хв.

► Витрата води на приготування регенераційного розчину солі $Q_{\text{р.р}}$, м^3

$$Q_{\text{р.р}} = \frac{Q_c^{\text{Na}} \cdot 100}{1000 \cdot b \cdot \rho_{\text{р.р}}}, \quad (5.18)$$

де b - концентрація регенераційного розчину, %;

$\rho_{\text{р.р}}$ - густина регенераційного розчину, т/м³, приймають залежно від прийнятої величини b .

► Витрата води на відмивання катіоніта від продуктів регенерації $Q_{\text{в}}$, м^3

$$Q_{\text{в}} = q_{\text{п}} \cdot f_{\text{Na}} \cdot H, \quad (5.19)$$

де $q_{\text{п}}$ - питома витрата води на відмивання катіоніта, м³/м³.

Витрата води на одну регенерацію фільтра, м³, без використання промивної води (тобто води після відмивання катіоніта від продуктів регенерації) на розпушування фільтра

$$Q'_{\text{влас}} = Q_{\text{роз}} + Q_{\text{р.р}} + Q_{\text{в}} \quad (5.20)$$

Витрата води на одну регенерацію фільтра, м³, із використанням промивної води для розпушування фільтра

$$Q''_{\text{влас}} = Q_{\text{р.р}} + Q_{\text{в}} \quad (5.21)$$

10. Середньогодинна витрата води на власні потреби Na-катіонітового фільтра $Q_{\text{влас}}^{\text{год}}$, м³/год.

$$Q_{\text{влас}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{влас}} \cdot a \cdot n}{24} \quad (5.22)$$

11. Час між регенераціями фільтра, год.

$$T_{\text{Na}} = \frac{24}{n} - \frac{t_{\text{рег}}^{\text{Na}}}{60} \quad (5.23)$$

де $t_{\text{рег}}^{\text{Na}}$ - час регенерації фільтра, хв.

$$t_{\text{рег}}^{\text{Na}} = t_{\text{роз}} + t_{\text{р.р}} + t_{\text{в}}, \quad (5.24)$$

де $t_{\text{роз}}$ - тривалість розпушення, хв.;

$t_{\text{р.р}}$ - час пропускання регенераційного розчину крізь фільтр, хв.

$$t_{\text{р.р}} = \frac{Q_{\text{р.р}} \cdot 60}{w_{\text{р.р}} \cdot f_{\text{Na}}} \quad (5.25)$$

де $w_{\text{р.р}}$ - швидкість пропускання регенераційного розчину, м/год;

$t_{\text{в}}$ - час відмивання від продуктів регенерації, хв.

$$t_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}} \cdot 60}{w_{\text{в}} \cdot f_{\text{Na}}} \quad (5.26)$$

де $w_{\text{в}}$ - швидкість відмивання, м/год.

12. Кількість фільтрів, що одночасно регенеруються

$$n_{\text{о.р}} = \frac{n \cdot a \cdot t_{\text{рег}}^{\text{Na}}}{24} \quad (5.27)$$

Регенерації будуть співпадати якщо $n_{\text{о.р}} > 1$. Перевірку на одночасність регенерацій і відповідно поправку у визначенні максимальної швидкості фільтрування слід виконувати, якщо число регенерацій кожного фільтра близько 3 разів на добу й одночасно працює 4 і більше фільтрів.

Порядок розрахунку Na-катіонітових фільтрів II ступеня

Розрахунок Na-катіонітових фільтрів другого ступеня аналогічний розрахунку фільтрів першого ступеня. На відміну від фільтрів першого ступеня під час розрахунку фільтрів другого ступеня приймають:

- твердість води, яка надходить на фільтр, 0,1 мг-екв/л,
- швидкість фільтрування до 40 м/год,
- висоту шару катіоніту 1,5 м,
- питому витрату солі на регенерацію катіоніту 300-400 г/г-екв,
- концентрацію регенераційного розчину 8-12%,
- втрату напору 13-15 м,
- робочу обмінну ємність катіоніту 250-300 г-екв/м³,
- відмивання катіоніту передбачають фільтратом першого ступеня катіонування.

▪ твердість фільтрату після другого ступеня Na-катіонітонування приймають рівною 0,01 мг-екв/л.

Для другого ступеня встановлюють два фільтри спеціальної конструкції з меншою висотою фільтруючого шару (1,5 м). На ВПУ малої потужності з метою уніфікації обладнання на обох ступенях встановлюють Na-катионітові фільтри першого ступеня у кількості не менше чотирьох: із них два працюють як фільтри першого ступеня, один – другого ступеня, один – резервний, який під час регенерації фільтра другого ступеня використовують на другому ступені, а під час ремонту одного з фільтрів – як резервний.

Починають розрахунок фільтрів другого ступеня з того, що приймають робочу обмінну ємність, кількість робочих і резервних фільтрів другого ступеня Na-катионування. Далі, задаючись швидкістю фільтрування, яка не повинна перевищувати $w_n \leq 40$ м/год, визначають необхідну площу фільтрування:

$$F_{\text{к}}^{\text{П}} = \frac{Q_{\text{Na}}}{w_{\text{н}} \cdot a}. \quad (5.28)$$

За величиною необхідної площі фільтрування підбирають стандартні фільтри так, щоб їх сумарна площа була рівною або перевищувала необхідну. Потім розрахунок ведуть у тій же послідовності, що й розрахунок фільтрів I ступеня.

Завдання до теми 5:

1. Розрахунок адсорберу з щільним шаром завантаження активного вугілля.

Вихідні дані для розрахунків

1. Середньогодинна витрата очищуваної води, м ³ /год	Додаток В
2. Висота сорбційного завантаження одного фільтру, м	0,9
3. Насипна вага активного вугілля	450
4. Коефіцієнт вичерпання ємності сорбенту	0,7
5. Концентрації речовин до очищення, мг/л	Додаток В
6. Концентрації речовин після очищення, мг/л	Додаток В
7. Максимальна та мінімальна сорбційна ємність активного вугілля, мг/л	Додаток В

2. Визначте швидкість фільтрування при нормальному та форсованому режимі на фільтрах розмірами 6х6 м, якщо за добу на іонообмінне очищення надходить 15000 м³ води. Згідно нормативів швидкість фільтрування при нормальному режимі не повинна перевищувати 10 м/год.

3. Визначте швидкість фільтрування при нормальному та форсованому режимі на фільтрах діаметром 3 м, якщо за добу на іонообмінне очищення надходить 6900 м³ води. Згідно нормативів швидкість фільтрування при нормальному режимі не повинна перевищувати 10 м/год.

4. Визначте об'єм води у м³, який витрачають на розпушення двох іонообмінних фільтрів при таких вихідних даних: діаметр кожного фільтру 3 м, інтенсивність розпушення фільтра 4 л/(с·м²), тривалість розпушення 15 хв.

Тема 6. Основи розрахунку споруд біологічного очищення стічних вод

1. Розрахунок аеротенків

Для міських стічних вод за табл. В.4 [3] приймають константи:

- максимальну швидкість окислення $\rho_{\max} = 85 \text{ мг БСК}_{\text{повн}}/(\text{Ггод.})$;
- константу, що характеризує властивості забруднень $K_1 = 33 \text{ БСК}_{\text{повн}}/\text{л}$;
- константу, що характеризує вплив кисню $K_O = 0,625 \text{ мг О}_2/\text{л}$;
- коефіцієнт інгібування $\varphi = 0,07 \text{ л/г}$;
- зольність активного мула $s = 0,3$.

Приймають концентрацію розчиненого кисню C_O , дозу активного мула в аеротенку a_i і початкове значення мулового індексу J_i .

Розраховують ступінь рециркуляції активного мула

$$R_i = \frac{a_i}{\frac{1000}{J_i} - a_i}. \quad (6.1)$$

Розраховане значення R_i має бути не менше 0,3 для відстійників з мулососами, 0,4 – з мулоскребами, 0,6 – при самопливному видаленні мула. Якщо значення менше мінімальної величини, то ступінь рециркуляції приймається рівній мінімальній величині.

Визначають БСК_{повн} стічної води, що поступає в аеротенк, з урахуванням розбавлення рециркуляційною витратою L_{mix}

$$L_{\text{mix}} = \frac{L_{\text{en}} + L_{\text{ex}} \cdot R_i}{1 + R_i}, \text{ мгО}_2/\text{л}. \quad (6.2)$$

Розраховують тривалість обробки води в аеротенку

$$t_{\text{atv}} = \frac{2,5}{\sqrt{a_i}} \lg \frac{L_{\text{mix}}}{L_{\text{ex}}}, \text{ год.} \quad (6.3)$$

Розраховують дозу активного мула в регенераторі

$$a_r = a_i \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot R_i} + 1 \right), \text{ г/л}. \quad (6.4)$$

Розраховують питому швидкість окислення ρ при дозі активного мула a_r

$$\rho = \rho_{\max} \cdot \frac{L_{\text{ex}} \cdot C_O}{L_{\text{ex}} \cdot C_O + K_1 \cdot C_O + K_O \cdot L_{\text{ex}}} \cdot \frac{1}{1 + \varphi \cdot a_i}, \text{ мг БСК}_{\text{повн}}/(\text{Ггод.}), \quad (6.5)$$

де ρ_{\max} - максимальна швидкість окислення органічних забруднень, мгБСК_{повн}/(Ггод.);

L_{ex} - БСК_{повн} очищеної стічної води, мг/л;

C_O - концентрація розчиненого кисню, мг/л;

K_1 - константа, що характеризує властивості забруднень, мгБСК_{повн}/л;

K_O - константа, що характеризує вплив кисню, мг O₂/л;

ϕ - коефіцієнт інгібування, л/грам.

Визначають загальну тривалість окислення органічних забруднень

$$t_O = \frac{L_{en} - L_{ex}}{R_i \cdot a_r \cdot (1-s) \cdot \rho}, \text{ год.} \quad (6.6)$$

Визначають тривалість регенерації

$$t_r = t_O - t_{atv}, \text{ год.} \quad (6.7)$$

Визначають тривалість перебування в системі аеротенк-регенератор

$$t_{a-r} = (1 + R_i) \cdot t_{atv} + R_i \cdot t_r, \text{ год.} \quad (6.8)$$

Розраховують середню дозу активного мула в системі аеротенк-регенератор

$$a_{i \text{ mix}} = \frac{(1 + R_i) \cdot t_{atv} \cdot a_i + R_i \cdot t_r \cdot a_r}{t_{a-r}}, \text{ г/л.} \quad (6.9)$$

Розраховують навантаження на активний мул

$$q_i = \frac{24 \cdot (L_{en} - L_{ex})}{a_{i \text{ mix}} \cdot (1-s) \cdot t_{a-r}}, \text{ мг БСК}_{\text{повн}}/(\text{г} \cdot \text{доб}). \quad (6.10)$$

Перевіряють відповідність мулового індексу J_i отриманому навантаженню q_i . Якщо муловий індекс відрізняється від табличного значення більш ніж на 10%, розрахунок повторюють знову, приймаючи новий муловий індекс, відповідний навантаженню.

Визначають об'єм аеротенка

$$W_{at} = q_w \cdot (1 + R_i) \cdot t_{atv}, \text{ м}^3. \quad (6.11)$$

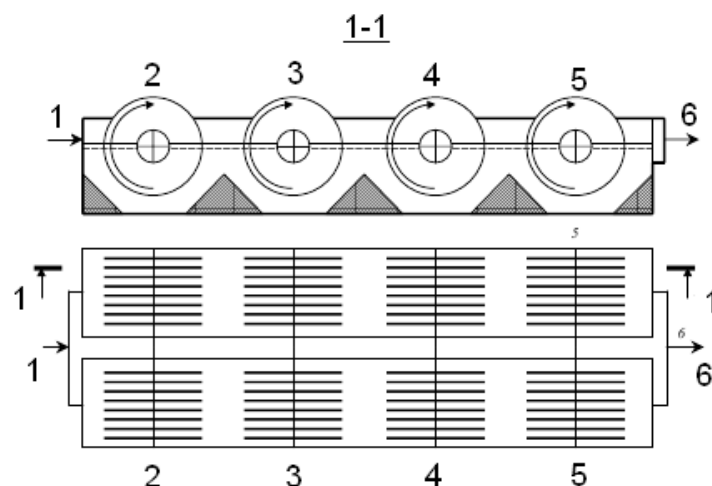
Визначають об'єм регенератора

$$W_r = q_w \cdot R_i \cdot t_r, \text{ м}^3. \quad (6.12)$$

За загальним обсягом аеротенка і регенератора ($W_{at} + W_r$) вибирають типовий проект аеротенка-витіснювача.

2. Розрахунок дискового заглибного біофільтра

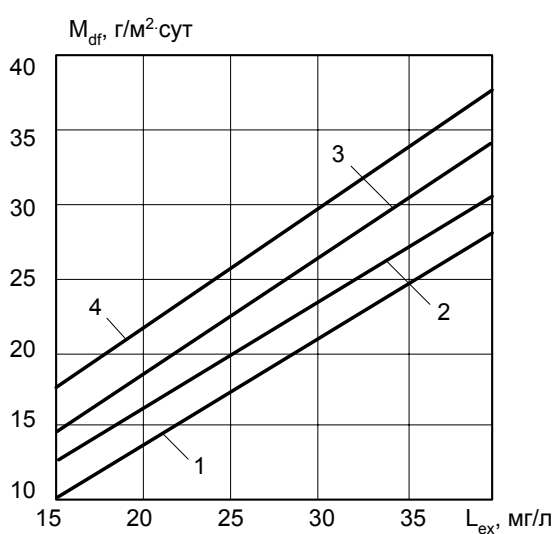
Складаються з дисків діаметром 1-5 м, що збирають в пакети по 30-180 штук, закріплюваних на горизонтальному валу (див. рис. 6.1).



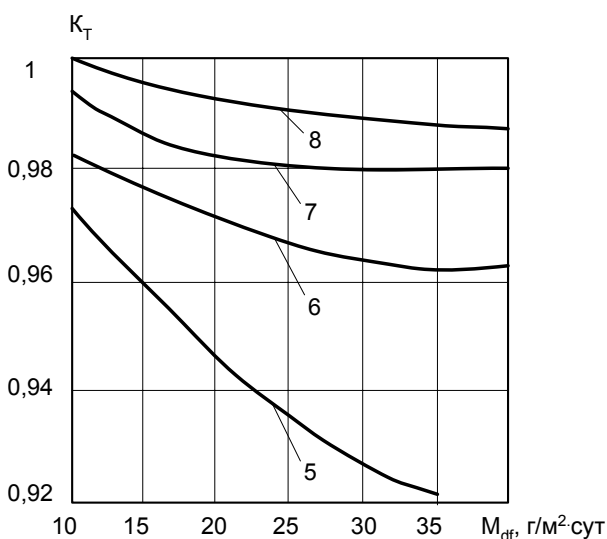
1 – подача стічних вод; 2, 3, 4, 5 – перший, другий, третій і четвертий ступені біофільтра; 6 – випуск очищених стічних вод

Рисунок 6.1 – Схема дискового заглибного біофільтра

Залежно від БСК₅ стічної води, що надходить, (L_{en}) і очищеної (L_{ex}), а також від середньозимньої температури стічної води T_w за графіками на рис. 6.2 знаходять припустиме навантаження за БСК₅ на 1 м² площі поверхні дисків за добу M_{df} і температурний коефіцієнт K_T (при температурі $T_w > 20^\circ\text{C}$ коефіцієнт $K_T = 1$).



а



б

а – залежність допустимого навантаження за БСК₅ на 1 м² площі поверхні дисків за добу M_{df} від БСК₅ стічної води, що поступає, (L_{en}) і очищеної (L_{ex});

б – залежність температурного коефіцієнта K_T від навантаження M_{df} і середньозимньої температури стічної води T_w ;

1 – при $L_{en} = 100-200$ мг/л; 2 – при $L_{en} = 200-300$ мг/л; 3 – при $L_{en} = 300-400$ мг/л;

4 – при $L_{en} = 400-500$ мг/л; 5 – при $T_w = 7^\circ\text{C}$; 6 – при $T_w = 10^\circ\text{C}$;

7 – при $T_w = 13^\circ\text{C}$; 8 – при $T_w = 16^\circ\text{C}$

Рисунок 6.2 – Графіки для розрахунку дискових заглибних біофільтрів

Визначають загальну площу поверхні дисків $F_{\text{заг}}$

$$F_{\text{заг}} = \frac{L_{\text{ен}} \cdot Q_{\text{w}}}{M_{\text{df}} \cdot K_{\text{T}}}, \text{ м}^2, \quad (6.13)$$

де Q_{w} - добова витрата стічної рідини, $\text{м}^3/\text{доб}$.

Приймають конструктивно діаметр диска D_{df} , м, і розраховують його робочу поверхню з обох боків

$$F_{\text{df}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{df}}^2}{2}, \text{ м}^2. \quad (6.14)$$

Визначають необхідну кількість дисків

$$n_{\text{df}} = \frac{F_{\text{заг}}}{F_{\text{df}}}. \quad (6.15)$$

Приймають кількість секцій n_{s} , ступенів в кожній секції n_{ss} і визначають число дисків в одному ступені

$$n = \frac{n_{\text{df}}}{n_{\text{s}} \cdot n_{\text{ss}}}. \quad (6.16)$$

Розраховують ширину секції

$$B = 0,1 + \delta_1 \cdot n + \delta_2 \cdot (n - 1), \text{ м}, \quad (6.17)$$

де δ_1 - товщина диска, м, залежить від матеріалу (частіше 1-10 мм);

δ_2 - відстань між дисками, м (приймається 0,015-0,03 м).

Розраховують довжину секції

$$L = n_{\text{ss}} \cdot (0,2 + D_{\text{df}}), \text{ м}. \quad (6.18)$$

Приймають робочу глибину секції $H = (0,4 - 0,5) \cdot D_{\text{df}}$, м, частоту обертання валу з дисками n_0 , хв^{-1} , і відстань від нижньої частини дисків до дна секції $\delta_2 = 0,03 - 0,05$ м.

Завдання до теми 6:

1. Розрахунок дискового заглибного біофільтра.

Вихідні дані для розрахунків

- | | |
|---|-----------|
| 1. Добова витрата стічної рідини, тис. $\text{м}^3/\text{доб}$ | Додаток Г |
| 2. БСК ₅ стічної води, що надходить на очищення, $\text{мгO}_2/\text{л}$ | Додаток Г |
| 3. БСК ₅ очищеної стічної води, $\text{мгO}_2/\text{л}$ | Додаток Г |
| 4. Середньозимня температура стічної води, $^{\circ}\text{C}$ | Додаток Г |

Тема 7. Розрахунок установок для електрохімічного очищення води

Апарати для електрохімічного очищення стічних вод можуть бути як з тими, що не піддаються (електролізери), так і з анодами, що піддаються електричному розчиненню (електрокоагулятори).

1. Розрахунок електролізера для обробки ціанвміщуючих стічних вод

Для обробки ціанвміщуючих стічних вод належить застосовувати електролізери з анодами, що не піддаються електролітичному розчиненню (графіт, титан з металооксидним покриттям та ін.), і сталевими катодами.

Електролізери слід застосовувати при витраті стічних вод до 10 м³/год. і вихідній концентрації ціанідів не менше 100 мг/л.

Корпус електролізера повинен бути захищений зсередини матеріалами, стійкими до дії хлору і його кисневих сполук, обладнаний вентиляційним пристроєм для видалення газоподібного водню, що виділяється.

Величину робочого струму при роботі електролізерів безперервної і періодичної дії визначають за формулою

$$I_{\text{cur}} = \frac{2,06 \cdot C_0 \cdot W}{\eta \cdot t}, \text{ A}, \quad (7.1)$$

де 2,06 - коефіцієнт питомої витрати електрики, А/год.г;

C_0 - початкова концентрація забруднюючої речовини в оброблюваній воді, г/м³;

W - об'єм води, що обробляють в апараті, м³:

$$W = q \cdot t, \text{ м}^3, \quad (7.2)$$

де q - витрата оброблюваної води, м³/год.;

t - час перебування води в апараті, год.;

η - вихід за струмом; $\eta=0,6-0,8$.

Тоді

$$I_{\text{cur}} = \frac{2,06 \cdot C_0 \cdot (q \cdot t)}{\eta \cdot t} \text{ або } I_{\text{cur}} = \frac{2,06 \cdot C_0 \cdot q}{\eta}. \quad (7.3)$$

Загальну робочу поверхню анодів визначають за формулою

$$f_{\text{an}} = \frac{I_{\text{cur}}}{i_{\text{an}}}, \text{ м}^2, \quad (7.4)$$

де i_{an} - анодна щільність струму; приймають 100-150 А/м².

Як аноди слід прийняти до установки плити з графіту розміром 1000x180x50 мм. Площа однієї сторони плити рівна 1·0,18=0,18 м². З урахуванням роботи обох сторін плити загальна поверхня електроду дорівнює $f'_{\text{an}} = 0,18 \cdot 2 = 0,36 \text{ м}^2$.

Загальну кількість анодів з графіту, що поміщають в один електролізер, визначають за формулою

$$N = \frac{f_{\text{an}}}{f'_{\text{an}}}. \quad (7.5)$$

Кількість катодів слід прийняти більшим на 1.

2. Розрахунок електрокоагулятора періодичної дії з алюмінієвими електродами для очищення маслемульсійних стічних вод

Електрокоагулятори з алюмінієвими пластинчастими електродами слід застосовувати для очищення концентрованих маслорозносячих стічних вод, що утворюються при обробці металів, з концентрацією масел не більше 10 г/л.

При обробці стічних вод з вищим вмістом масел необхідне попереднє розбавлення переважно кислими стічними водами. Залишкова концентрація масел в очищених стічних водах повинна бути не більше 25 мг/л.

Робочий об'єм коагулятора (відповідно, об'єм оброблюваної води в ньому)

$$W = q \cdot t, \text{ м}^3, \quad (7.6)$$

де q - витрата оброблюваної води, $\text{м}^3/\text{год.}$;

t - час перебування води в апараті, год. (загальний, з урахуванням обробки, наливання й зливу стічних вод в апарат).

Загальна витрата електрики, необхідної для оброблюваного об'єму стічних вод

$$Q_{\text{cur}} = W \cdot q_{\text{cur}}, \text{ А} \cdot \text{год.}, \quad (7.7)$$

де q_{cur} - питома витрата електрики, $\text{А} \cdot \text{год}/\text{м}^3$, приймають згідно таблицею 7.1.

Таблиця 7.1

Параметр	Вміст масел, г/м ³						
	3500	4000	4500	5000	5500	6000	8000
q_{cur}	315	360	405	430	495	540	720

Величину робочого струму визначають за формулою

$$I_{\text{cur}} = \frac{Q_{\text{cur}}}{t_1}, \text{ А}, \quad (7.8)$$

де t_1 - тривалість електрокоагуляційної обробки, год.

Загальну робочу поверхню електродів визначають за формулою

$$f = \frac{I_{\text{cur}}}{i}, \text{ м}^2, \quad (7.9)$$

де i - електродна щільність струму $i=80-120 \text{ А}/\text{м}^2$.

Загальний об'єм електродів

$$W_{\text{ek}} = f \cdot \delta, \text{ м}^3, \quad (7.10)$$

де δ - товщина електродних пластин, м.

Загальна маса електродів

$$M_{\text{ek}} = W_{\text{ek}} \cdot \rho_{\text{Al}}, \text{ т}, \quad (7.11)$$

де ρ_{Al} - щільність алюмінію $\rho_{\text{Al}}=2,7 \text{ т}/\text{м}^3$.

Приймаємо кількість електродних блоків n_{bl} за умови, що маса одного не повинна перевищувати 50 кг Тоді маса одного блоку буде

$$m_{ek} = \frac{M_{ek}}{n_{bl}}, \text{ кг}, \quad (7.12)$$

Об'єм рідини в міжелектродному просторі всіх блоків

$$W_{ж} = f \cdot b, \text{ м}^3, \quad (7.13)$$

де b - міжелектродна відстань, м.

Об'єм одного електродного блоку

$$W_{bl} = \frac{W_{ek} + W_{ж}}{n_{bl}}, \text{ м}^3. \quad (7.14)$$

Форму блоку слід умовно приймати кубічною.

Довжину ребра блоку визначають за формулою

$$l_{bl} = \sqrt[3]{W_{bl}}, \text{ м}. \quad (7.15)$$

Кількість електродів в 1 блоці

$$n_{ek} = \frac{l_{bl}}{\delta + b}. \quad (7.16)$$

Приймаємо кількість електродів непарним (анооди + катоди). З урахуванням відстані між блоками $l'_{bl}=0,07$ м загальна довжина електрокоагулятора

$$L_e = n_{bl} \cdot l_{bl} + l'_{bl}, \text{ м}. \quad (7.17)$$

Ширина електрокоагулятора

$$B_e = l_{bl} + 2 \cdot l'_{bl}, \text{ м}. \quad (7.18)$$

Висота верхньої кромки електродів

$$h_1 = l_{bl} + l'_{bl}, \text{ м}. \quad (7.19)$$

На рівні верхньої кромки електродів об'єм рідини

$$W_1 = L_e \cdot B_e \cdot h_1 - W_{ek}, \text{ м}^3. \quad (7.20)$$

Висота шару рідини над електродами

$$h_2 = \frac{W - W_{ek}}{L_e \cdot B_e}, \text{ м}. \quad (7.21)$$

Загальна висота шару рідини в електрокоагуляторі

$$h_e = h_1 + h_2, \text{ м}. \quad (7.22)$$

Повну висоту електрокоагулятора H_e приймають на підставі розрахованої загальної висоти шару рідини і з урахуванням деякого запасу висоти для розміщення піногінного пристрою.

Таким чином, розраховують загальні розміри електрокоагулятора: довжину – L_e , ширину – B_e , висоту – H_e . Знаючи ці параметри, можна обчислити загальний об'єм електрокоагулятора W_e .

3. Розрахунок електрокоагулятора із сталевими електродами для очищення хромвміщуючих стічних вод

Електрокоагулятори із сталевими електродами слід застосовувати для очищення стічних вод підприємств різних галузей промисловості від шестивалентного хрому та інших металів при витраті стічних вод не більше 50 м³/год, концентрації шестивалентного хрому до 100 мг/л, початковому загальному вмісті іонів кольорових металів до 100 мг/л, при концентрації кожного з іонів металів до 30 мг/л, мінімальному загальному солевмісті стічної води 300 мг/л, концентрації завислих речовин до 50 мг/л.

Корпус електрокоагулятора повинен бути захищений зсередини кислотостійкою ізоляцією і обладнаний вентиляційним пристроєм.

Величина робочого струму за наявності в стічних водах одного компоненту визначається за формулою

$$I_{\text{cur}} = q \cdot C_0 \cdot q_{\text{cur}}, \text{ A}, \quad (7.23)$$

де q - продуктивність апарату (витрата оброблюваних стічних вод), м³/год.;

C_0 - початкова концентрація компоненту, що видаляється, в стічних водах, мг/л;

q_{cur} - питома витрата електрики, необхідна для видалення із стічних вод 1 г іона металу, Агод./г; при видаленні 1 г шестивалентного хрому необхідно 3,1 Агод./г.

Для установки необхідно приймати випрямляч, що виробляє струм величиною до 1600 А при максимальній напрузі до 12 В.

Загальна поверхня анодів складає:

$$f_{\text{ek}} = \frac{I_{\text{cur}}}{i_{\text{an}}}, \text{ м}^2, \quad (7.24)$$

де i_{an} - анодна щільність струму, А/м²; $i_{\text{an}}=150 \text{ А/м}^2$.

Розміри однієї електродної пластини (і катодної, і анодної) слід прийняти такими: ширина $b=300$ мм, робоча висота $h=600$ мм; тоді робоча поверхня однієї сторони пластини $0,3 \cdot 0,6=0,18 \text{ м}^2$, а загальна поверхня електроду з урахуванням роботи обох сторін $f'_{\text{ek}}=2 \cdot 0,18=0,36 \text{ м}^2$.

Загальна кількість електродних пластин

$$n_{\text{э}} = \frac{f_{\text{ek}}^{\text{an}} + f_{\text{ek}}^{\text{kat}}}{f'_{\text{ek}}} = \frac{2 \cdot f_{\text{ek}}}{f'_{\text{ek}}}. \quad (7.25)$$

Приймають за розрахунковими даними кількість електродів.

Загальна кількість електродних пластин в одному електродному блоці повинна бути не більше 30. З урахуванням цієї вимоги приймають кількість блоків і електродів в них.

Робочий об'єм 1 електродного блоку електрокоагулятора

$$W_{\text{ek}} = f_{\text{ek}} \cdot b', \text{ м}^3, \quad (7.26)$$

де b' - відстань між електродами $b'=0,008 \text{ м}$.

Час перебування стічних вод в міжелектродному просторі

$$t = \frac{W_{ek}}{q}, \text{ год.} \quad (7.27)$$

Витрата металевого заліза для обробки стічних вод визначається за формулою

$$Q_{Fe} = \frac{q \cdot 24 \cdot C_0 \cdot q_{Fe}}{1000 \cdot K_{ek}}, \text{ кг/доб.} \quad (7.28)$$

де q_{Fe} - питома витрата металевого заліза для видалення 1 г забруднюючої речовини із стічної води, г; $q_{Fe}=2-2,5$ г;

K_{ek} - коефіцієнт використання матеріалу електродів; залежно від товщини електродних пластин приймають в межах 0,6-0,8.

Завдання до теми 7:

1. Розрахунок електролізеру для обробки ціанвміщуючих стічних вод.

Вихідні дані для розрахунків

- | | |
|--|-----------|
| 1. Витрата стічних вод, що поступають на очищення, м ³ /год | Додаток Д |
| 2. Початкова концентрація ціанідів у стічних водах, мг/л | Додаток Д |
| 3. Тривалість електролізної обробки, хв. | 15 |
| 4. Тривалість наливання і зливу стічних вод в апарат, хв. | 15 |
| 5. Матеріал електродів: аноди – графіт, катоди – | сталь |

2. Розрахунок електрокоагулятора періодичної дії з алюмінієвими електродами для очищення маслемульсійних стічних вод.

Вихідні дані для розрахунків

- | | |
|---|-----------|
| 1. Витрата маслемульсійних стічних вод, що поступають на очищення, м ³ /год. | Додаток Д |
| 2. Початковий вміст масел в стічних водах, мг/л | Додаток Д |
| 3. Товщина електродних пластин, м | 0,006 |
| 4. Міжелектродна відстань, м | 0,02 |
| 5. Тривалість електрокоагуляційної обробки, хв. | 15 |
| 6. Тривалість наливання і зливу стічних вод в апарат, хв. | 15 |

Вкажіть параметри розрахованого електрокоагулятора періодичної дії на його схемі (Додаток Ж).

3. Розрахунок електрокоагулятора із сталевими електродами для очищення хромвміщуючих стічних вод.

Вихідні дані для розрахунків

- | | |
|--|-----------|
| 1. Витрата хромвміщуючих стічних вод, що поступають на очищення, м ³ /год | Додаток Д |
| 2. Концентрація шестивалентного хрому, мг/л | Додаток Д |

2 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

2.1 Структура і оформлення курсової роботи

Метою виконання курсової роботи (КР) є вивчення особливостей методів, застосовуваних для видалення з води диспергованих та розчинених домішок; аналіз фізико-хімічних показників якості води за результатами хіміко-аналітичного контролю, розрахункове визначення показників якості води.

Структура КР повинна бути такою:

➤ *титульний аркуш* – виконують за відповідною формою, прийнятою для оформлення розрахунково-пояснювальних записок. На титульному аркуші повинні бути позначені назва (тема) КР, прізвища студента й викладача дисципліни (*Додаток ІУ*);

➤ *вихідні дані*;

➤ *зміст*. До змісту входять:

= послідовно перераховані найменування усіх розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів;

= висновки;

= список джерел;

= додатки (при необхідності).

Допускається найменування пунктів і підпунктів у зміст не включати;

➤ *елементи основної частини КР*. Склад, зміст і обсяг розділів основної частини КР визначаються одержаним завданням на його виконання;

➤ *висновки*. Коротко формулюють результати виконаної роботи;

➤ *список джерел*. Перелік джерел, на які зроблені посилання у відповідних місцях тексту, складають в тому порядку, в якому вони вперше згадуються в тексті. Окрім літературних джерел, в список включають перелік використовуваної нормативної документації (ДБН, СНіП, ДСТУ, ТУ та ін.);

➤ *додатки*. У додатках розміщують матеріал, який є необхідним, але не може бути розміщений в основній частині КР через великий об'єм або з інших міркувань. Додатки розташовують у порядку появи посилань в тексті основної частини КР. Кожен додаток починають з нової сторінки.

Оформлення КР проводять відповідно до вимог оформлення розрахунково-пояснювальних записок, тобто:

✦ КР виконують на аркушах формату А4 без рамки з полями: верхнє і нижнє - 20, лівє - не менше 25, правє - не менше 10 мм;

✦ текст КР може бути рукописний або виконаний шрифтом 14 пт. (Times New Roman Arial, Arial Narrow, GOST type A, B) з полуторним міжрядковим інтервалом; заголовки можуть бути виділені шрифтом 16 пт. Абзаци в тексті відступають від тексту на 1-1,27 см;

✦ нумерацію сторінок КР проставляють в правому верхньому кутку арабськими цифрами без крапки. Нумерація сторінок - наскрізна, включає ілюстрації (рисунки) і таблиці, розташовані на окремих сторінках, а також додатки. Структурні елементи КР – ВИСНОВКИ, СПИСОК ДЖЕРЕЛ – не нумерують;

- ✦ всі розділи КР починають з нової сторінки;
- ✦ заголовки структурних елементів і розділів КР пишуть прописними (заголовними) буквами без крапки в кінці, не підкреслюючи. Заголовки підрозділів, пунктів і підпунктів пишуть малими буквами починаючи з заголовної, розташовуючи номер підрозділу (пункту, підпункту) з абзацного відступу, без крапки в кінці.

2.2 Вказівки до виконання основних розділів курсової роботи

Виконання РГЗ проводять за *вихідними даними*, які студент отримує від викладача або згідно з *Додатком К* (за вказівкою викладача).

Зміст роботи:

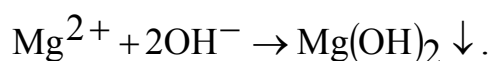
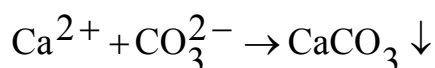
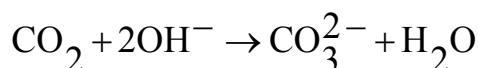
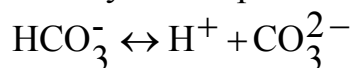
- 1 Теоретична частина
- 2 Розрахункова частина
 - 2.1 Перевірка правильності аналізу води
 - 2.2 Складання діаграми передбачуваного складу солей
 - 2.3 Графічне визначення кількості вапна, необхідного для зм'якшення води
 - 2.4 Перевірка придатності води для питних цілей
 - 2.5 Оцінка стабільності води.

У першому розділі роботи (**Теоретична частина**) необхідно провести дослідження методів видалення домішок з природних та стічних вод згідно отриманого завдання. Слід вивчити матеріал, який менше озвучений на лекції або в конспекті. Це можуть бути які-небудь сучасні теоретичні або практичні дослідження, пропоновані технічні рішення, аналіз проблем і можливі шляхи їх вирішення. Обсяг розділу не повинен перевищувати 3-5 стор.

Розрахункова частина безпосередньо присвячена дослідженню якості води природного джерела з конкретними якісними показниками води, отриманими у вихідних даних.

Перевірку правильності аналізу води та складання діаграми передбачуваного складу солей слід виконувати згідно *Теми 1* цих Методичних вказівок.

Графічне визначення кількості вапна, необхідного для зм'якшення води. Вапнування застосовують в тих випадках, коли необхідно понизити лужність вихідної води. Процеси, що протікають при обробці води вапном, можуть бути представлені наступними реакціями:



Таким чином, при вапнуванні руйнується іон HCO_3^- тобто знижується карбонатна твердість води, її лужність, сухий залишок і вміст розчиненої CO_2 .

Зміну якісних показників води можна дослідити за допомогою графічного представлення іонного складу води з одночасним визначенням необхідної дози вапна (рис. 1).

Розрахункову дозу вапна слід визначати виходячи з можливості протікання таких процесів:

- 1) переведення вільної CO_2 спочатку в HCO_3^- ;
- 2) переведення HCO_3^- (з урахуванням утвореного) у CO_3^{2-} ;
- 3) зв'язування Mg^{2+} , присутнього в формі карбонатної твердості (за наявності).

Фактична доза вапна повинна бути на 0,3-0,5 мг-екв/дм³ більше для забезпечення повноти протікання реакції.

Результати виконаних розрахунків слід показати на графіку залежності твердості води від дози вапна (рис. 2).

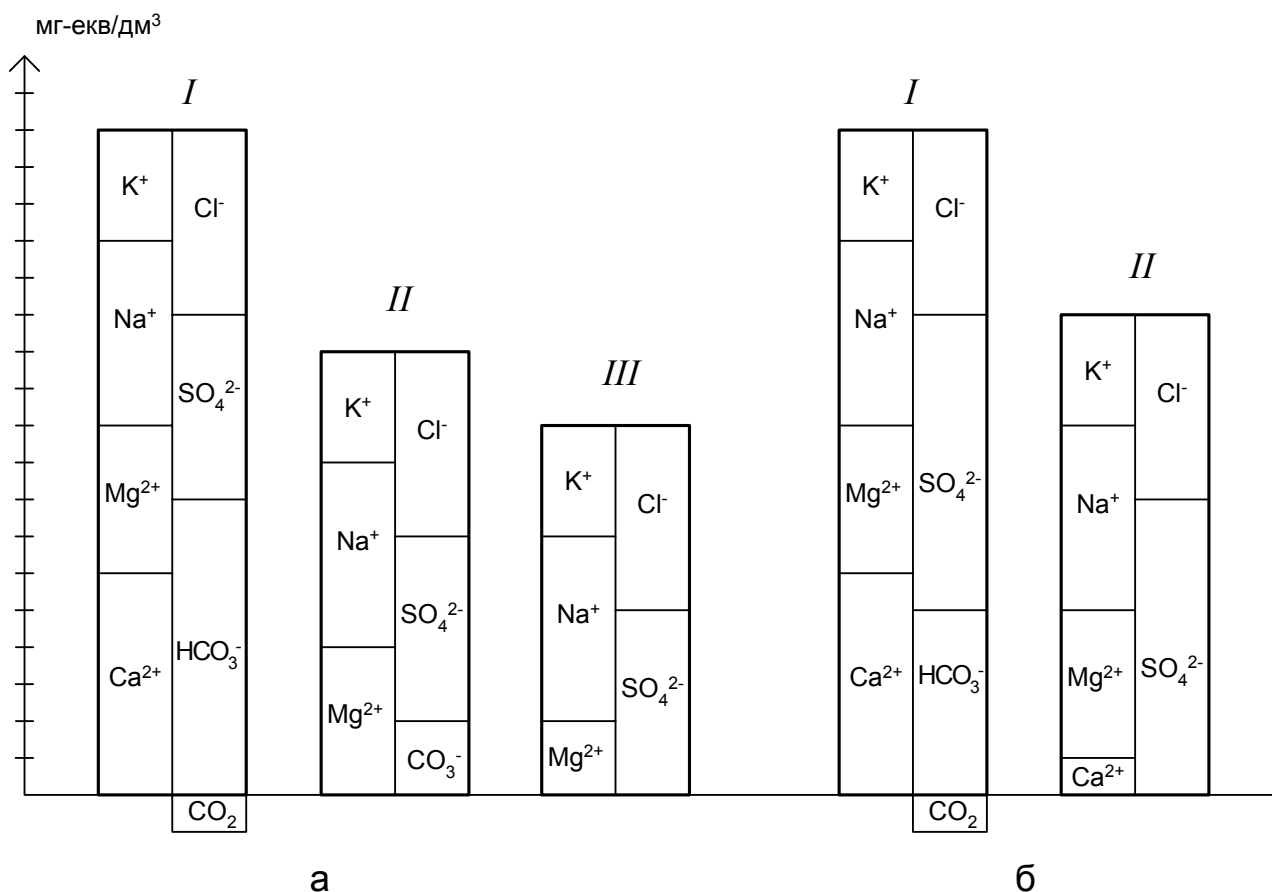


Рисунок 1 - Розрахунковий іонний склад води різного складу (а, б) до обробки (I), після зниження кальцієвої карбонатної твердості (II) та магнієвої карбонатної твердості (III)

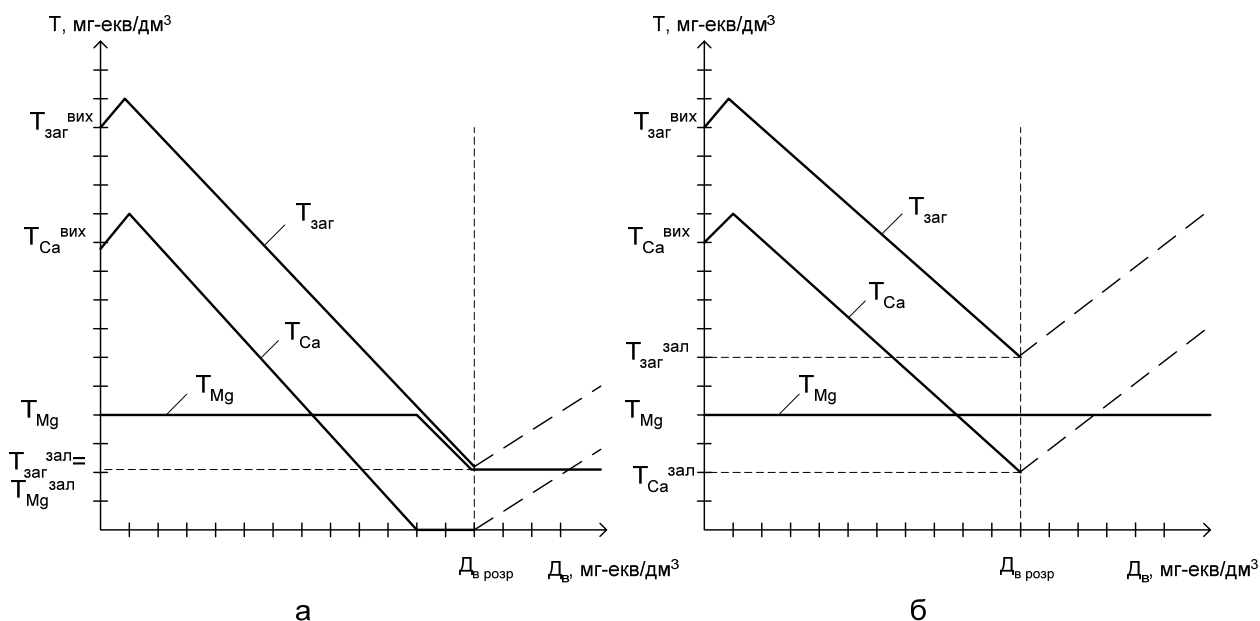


Рисунок 2 – Залежність твердості води від дози введенного вапна

Перевірку придатності води для питних цілей слід проводити порівнянням її якісних показників та нормативних вимог. При цьому слід враховувати можливість сумісної дії хімічних речовин з однаковою лімітуючою ознакою шкідливості.

Оцінку стабільності води у даному випадку слід провести для передбачення можливості руйнування бетонних та залізобетонних конструкцій при контактуванні їх із досліджуваною водою.

Експериментальне визначення стабільності води полягає у визначенні загальної лужності або величини рН у вихідній пробі та після струшування її з карбонатом кальцію протягом 1-2 годин.

Якщо вода схильна до розчинення CaCO_3 , тобто агресивна по відношенню до бетону, то у воді підвищуватиметься концентрація HCO_3^- , а отже лужність і рН води.

Необхідно визначити *показник стабільності* як відношення рН до струшування проби з CaCO_3 (pH_0) і після дослідження (pH)

$$\text{ПС} = \frac{\text{pH}_0}{\text{pH}}.$$

За його величиною можна зробити висновок про здатність води розчиняти CaCO_3 і агресивність її щодо бетону.

При виконанні курсової роботи кожний отриманий результат повинен супроводжуватися *висновком*.

Окрім цього, в кінці КР слід сформулювати загальні **висновки** про виконану роботу.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. ДСанПіН №136/1940-97. Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання. – К.: МОЗ, 1997. – 16 с.
2. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5 – 74:2013 / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2013. – 287 с.
3. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5-75:2013 / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2013. – 210 с.
4. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води / А. К. Запольський. – К. : Вища школа, 2005. – 674 с.
5. Куликов Н. И. Теоретические основы очистки воды : учеб. пособие / Н. И. Куликов, А. Я. Найманов, Н. П. Омельченко, В. Н. Чернышев. – Донецк : Ноулидж, 2009. – 299 с.
6. Запольський А. К. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: Підруч. / А. К. Запольський, Н. А. Мішкова-Клименко, І. М. Астрелін та ін. – К. : Лібра, 2000. – 552 с.
7. Тугай А. М. Водопостачання / А. М. Тугай, В. О. Орлов. – Рівне : РДТУ, 2001. – 429 с.
8. Григорьева Л. С. Физико-химическая оценка качества и водоподготовка природных вод / Л. С. Григорьева. – М. : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2011. – 152 с.
9. Орлов В. О. Водоочисні фільтри із зернистою засипкою / В. О. Орлов. – Рівне : НУВГП, 2005. – 163 с.
10. Орлов В. О. Технологія підготовки питної води : навч. посіб. / В. О. Орлов, А. М. Орлова, В. О. Зошук. – Рівне : НУВГП, 2010. – 176 с.
11. Коростелев Д. П. Водный режим и обработка радиоактивных вод от атомных электростанций / Д. П. Коростелев. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 240 с.
12. Запольский А. К. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды / А. К. Запольский, А. А. Баран. – Л. : Химия, 1987. – 204 с.
13. Яковлев С. В. Технология электрохимической очистки воды / С. В. Яковлев, И. Г. Краснобородько, В. М. Рогов. – Л. : Стройиздат, 1987. – 312 с.
14. Яковлев С. В. Биологические процессы в очистке сточных вод / С. В. Яковлев, Т. А. Карюхина. – М. : Стройиздат, 1980. – 200 с.
15. Журба М. Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружение / М. Г. Журба, Л. И. Соколов, Ж. М. Говорова – М. : АСВ, 2004. – в 3х т.
16. Цифровий репозиторій ХНУМГ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://eprints.kname.edu.ua>.
17. Центр дистанційного навчання ХНУМГ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://cdo.kname.edu.ua>, ID курсу 557.

**ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ВЕРТИКАЛЬНИХ
ТОНКОШАРОВИХ ВІДСТІЙНИКІВ (1) ТА ТОНКОШАРОВИХ
ОСВІТЛЮВАЧІВ (2)**

<i>Варіант</i>	<i>Забарвленість вихідної води, град.</i>	<i>Вміст завислих речовин, мг/дм³</i>	<i>Доза коагулянту за безводним продуктом, мг/дм³</i>	<i>Розрахункова швидкість осадження домішок, мм/с (1)/ (2)</i>
1	100	70	60	0,25 / 0,35
2	95	65	58	0,3 / 0,4
3	90	60	56	0,35 / 0,45
4	85	65	54	0,25 / 0,35
5	80	70	52	0,3 / 0,4
6	75	65	50	0,35 / 0,45
7	70	60	55	0,3 / 0,4
8	100	55	50	0,25 / 0,35
9	95	60	55	0,3 / 0,4
10	90	65	50	0,35 / 0,45
11	85	70	60	0,25 / 0,35
12	80	70	58	0,3 / 0,4
13	75	65	56	0,35 / 0,45
14	70	60	54	0,3 / 0,4
15	100	65	52	0,25 / 0,35
16	95	70	50	0,3 / 0,4
17	90	65	55	0,35 / 0,45
18	85	60	60	0,25 / 0,35
19	80	70	58	0,3 / 0,4
20	75	65	56	0,35 / 0,45
21	70	60	54	0,3 / 0,4
22	100	65	52	0,25 / 0,35
23	95	70	50	0,3 / 0,4
24	90	65	55	0,35 / 0,45
25	85	60	60	0,25 / 0,35
26	80	70	58	0,3 / 0,4
27	75	65	56	0,35 / 0,45
28	70	60	54	0,3 / 0,4
29	100	65	52	0,25 / 0,35
30	95	70	50	0,3 / 0,4

**ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
ПРОЦЕСІВ ФІЛЬТРУВАННЯ
ТА ПРОМИВАННЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ ФІЛЬТРІВ**

<i>Варіант</i>	<i>Продуктивність фільтрувальної установки м³/год</i>	<i>Концентрація завислих речовин у фільтрованій воді мг/л</i>	<i>Діаметр фільтру, м</i>	<i>Висота шару фільтруючого матеріалу, м</i>
1	780	65	2,5	1,0
2	790	70	3,0	1,1
3	800	75	3,4	1,2
4	810	80	2,5	1,0
5	820	65	3,0	1,1
6	830	70	3,4	1,2
7	840	75	2,5	1,0
8	850	80	3,0	1,1
9	780	65	3,4	1,2
10	790	70	2,5	1,0
11	800	75	3,0	1,1
12	810	80	3,4	1,2
13	820	65	2,5	1,0
14	830	70	3,0	1,1
15	840	75	3,4	1,2
16	850	80	2,5	1,0
17	780	65	3,0	1,1
18	790	70	3,4	1,2
19	800	75	2,5	1,0
20	810	80	3,0	1,1
21	820	65	3,4	1,2
22	830	70	2,5	1,0
23	840	75	3,0	1,1
24	850	80	3,4	1,2
25	780	65	2,5	1,0
26	790	70	3,0	1,1
27	800	75	3,4	1,2
28	810	80	2,5	1,0
29	820	65	3,0	1,1
30	830	70	3,4	1,2

**ВИХІДНІ ДАНІ ДО РОЗРАХУНКУ АДСОРБЕРА З ЩІЛЬНИМ ШАРОМ
ЗАВАНТАЖЕННЯ АКТИВНОГО ВУГІЛЛЯ**

<i>Варіант</i>	<i>Середньогодинна витрата очищуваної води, м³/год</i>	<i>Концентрація речовин до очищення, мг/л</i>	<i>Концентрація речовин після очищення, мг/л</i>	<i>Максимальна / мінімальна сорбційна ємкість активного вугілля, мг/л</i>
1	500	600	45	250 / 50
2	510	605	50	253 / 56
3	520	610	55	255 / 58
4	530	615	45	250 / 50
5	540	620	50	253 / 56
6	550	625	55	255 / 58
7	560	630	45	250 / 50
8	570	635	50	253 / 56
9	580	600	55	255 / 58
10	590	605	45	250 / 50
11	600	610	50	253 / 56
12	500	615	55	255 / 58
13	510	620	45	250 / 50
14	520	625	50	253 / 56
15	530	630	55	255 / 58
16	540	635	45	250 / 50
17	550	600	50	253 / 56
18	560	605	55	255 / 58
19	570	610	45	250 / 50
20	580	615	50	253 / 56
21	590	620	55	255 / 58
22	600	625	45	250 / 50
23	500	630	50	253 / 56
24	510	635	55	255 / 58
25	520	600	45	250 / 50
26	530	605	50	253 / 56
27	540	610	55	255 / 58
28	550	615	45	250 / 50
29	560	620	50	253 / 56
30	570	625	55	255 / 58

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ДИСКОВОГО ЗАГЛИБНОГО БІОФІЛЬТРА

<i>Варіант</i>	<i>Добова витрата стічної рідини, тис. м³/добу</i>	<i>БСК₅ стічної води, що надходить на очищення, мгО₂/л</i>	<i>БСК₅ очищеної стічної води, мгО₂/л</i>	<i>Середньозимня температура стічної води, °С</i>
1	20	110	20	7
2	25	120	25	10
3	30	150	30	13
4	35	170	35	16
5	40	110	20	7
6	20	120	25	10
7	25	150	30	13
8	30	170	35	16
9	35	110	20	7
10	40	120	25	10
11	20	150	30	13
12	25	170	35	16
13	30	110	20	7
14	35	120	25	10
15	40	150	30	13
16	20	170	35	16
17	25	110	20	7
18	30	120	25	10
19	35	150	30	13
20	40	170	35	16
21	20	110	20	7
22	25	120	25	10
23	30	150	30	13
24	35	170	35	16
25	40	110	20	7
26	20	120	25	10
27	25	150	30	13
28	30	170	35	16
29	35	110	20	7
30	40	120	25	10

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ УСТАНОВОК ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ ОБРОБКИ ВОДИ РІЗНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Варіант	Електролізер для обробки ціанвміщуючих стічних вод		Електрокоагулятор періодичної дії з алюмінієвими електродами для очищення маслоемулсійних стічних вод		Електрокоагулятор із сталевими електродами для очищення хромвміщуючих стічних вод	
	Витрата стічних вод, що поступають на очищення, м³/год	Початкова концентрація ціанідів в стічних водах, мг/л	Витрата маслоемулсійних стічних вод, що поступають на очищення, м³/год.	Початковий вміст масел в стічних водах, г/м³	Витрата хромвміщуючих стічних вод, що поступають на очищення, м³/доб.	Концентрація шестивалентног о хрому, мг/л
1	5	150	1,7	5000	1,5	2500
2	6	200	1,8	5500	1,6	3000
3	7	250	1,9	6000	1,7	3500
4	8	300	2,0	6500	1,8	4000
5	9	150	2,1	5000	1,9	4500
6	10	200	1,7	5500	2,0	2500
7	5	250	1,8	6000	1,5	3000
8	6	300	1,9	6500	1,6	3500
9	7	150	2,0	5000	1,7	4000
10	8	200	2,1	5500	1,8	4500
11	9	250	1,7	6000	1,9	2500
12	10	300	1,8	6500	2,0	3000
13	5	150	1,9	5000	1,5	3500
14	6	200	2,0	5500	1,6	4000
15	7	250	2,1	6000	1,7	4500
16	8	300	1,7	6500	1,8	2500
17	9	150	1,8	5000	1,9	3000
18	10	200	1,9	5500	2,0	3500
19	5	250	2,0	6000	1,5	4000
20	6	300	2,1	6500	1,6	4500
21	5	150	1,7	5000	1,5	2500
22	6	200	1,8	5500	1,6	3000
23	7	250	1,9	6000	1,7	3500
24	8	300	2,0	6500	1,8	4000
25	9	150	2,1	5000	1,9	4500

<i>Варіант</i>	<i>Електролізер для обробки ціанвміщуючих стічних вод</i>		<i>Електрокоагулятор періодичної дії з алюмінієвими електродами для очищення маслемульсійних стічних вод</i>		<i>Електрокоагулятор із сталевими електродами для очищення хромвміщуючих стічних вод</i>	
	<i>Витрата стічних вод, що поступають на очищення, м³/год</i>	<i>Початкова концентрація ціанидів в стічних водах, мг/л</i>	<i>Витрата маслемульсійних стічних вод, що поступають на очищення, м³/год.</i>	<i>Початковий вміст масел в стічних водах, г/м³</i>	<i>Витрата хромвміщуючих стічних вод, що поступають на очищення, м³/доб.</i>	<i>Концентрація шестивалентного хрому, мг/л</i>
26	10	200	1,7	5500	2,0	2500
27	5	250	1,8	6000	1,5	3000
28	6	300	1,9	6500	1,6	3500
29	7	150	2,0	5000	1,7	4000
30	8	200	2,1	5500	1,8	4500

Додаток Е

ДОЗА БЕЗВОДНОГО КОАГУЛЯНТУ ДЛЯ ОБРОБКИ КАЛАМУТНИХ ВОД

(Таблиця 15 [2])

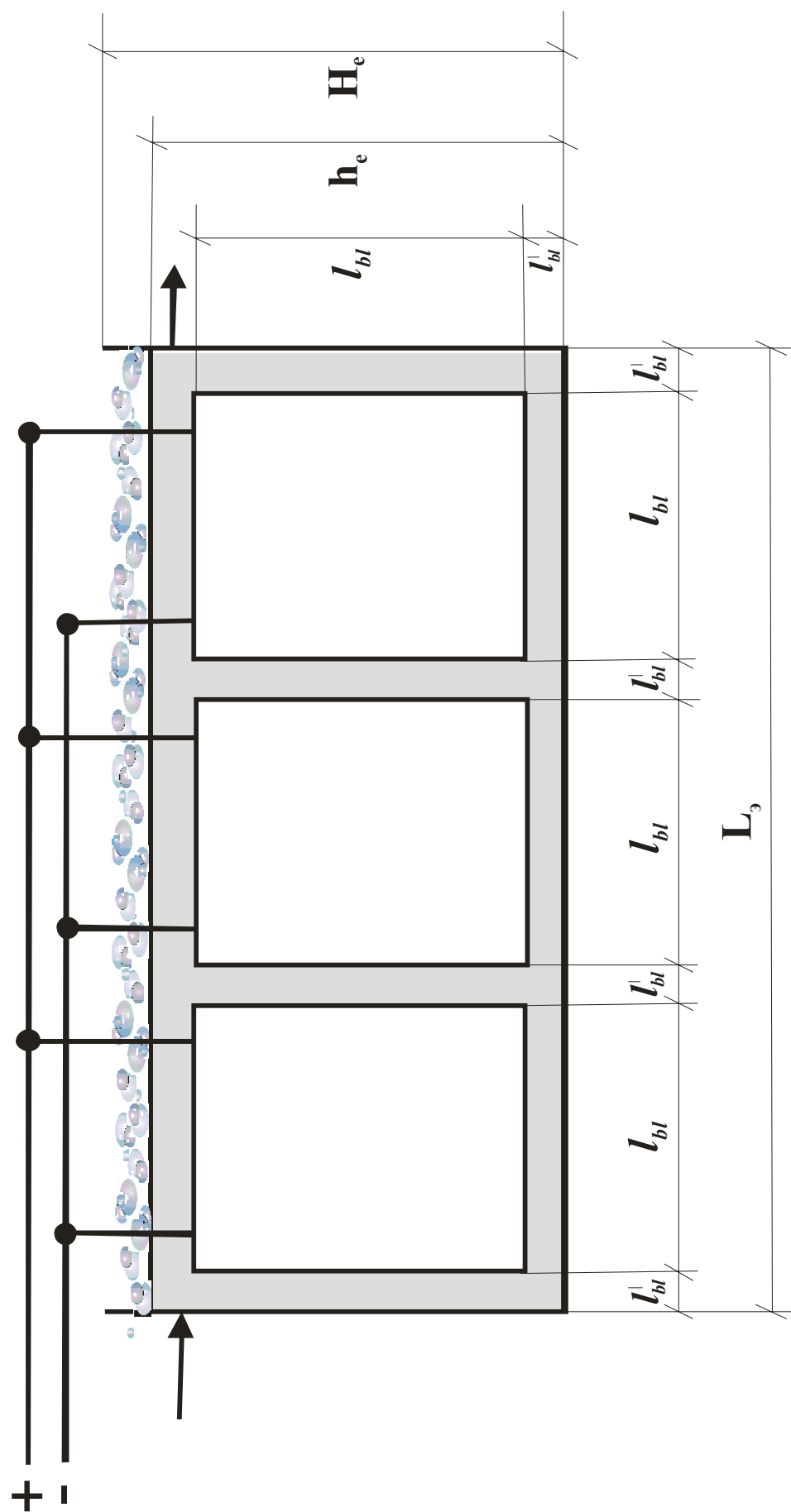
<i>Каламутність води, НОК (мг/дм³)</i>	<i>Доза безводного коагулянту для обробки мутних вод, мг/дм³</i>
До 172 (100) включ.	25 – 35
Від 172 (100) до 345 (200) включ.	30 – 40
Від 345 (200) до 690 (400) включ.	35 – 45
Від 690 (400) до 1034 (600) включ.	45 – 50
Від 1034 (600) до 1379 (800) включ.	50 – 60
Від 1379 (800) до 1724 (1000) включ.	60 – 70
Від 1724 (1000) до 2586 (1500) включ.	70 – 80

Примітка 1. Менші значення доз відносяться до води, яка містить грубодисперсну завись.

Примітка 2. Допускається застосування інших коагулянтів крім вказаних в п.10.4.2 [2] в тому числі полімерних, дози яких необхідно встановлювати на основі наукових досліджень з урахуванням рекомендацій виробника.

Примітка 3. При використанні процесу контактної коагуляції безпосередньо в товщі фільтруючого завантаження фільтрів, орієнтовну дозу коагулянту слід приймати на 10-15% менше вказаної в таблиці і визначеної за формулою (5) [2].

ПРИНЦИПОВА СХЕМА РОЗТАШУВАННЯ ЕЛЕКТРОДНИХ БЛОКІВ В КОРПУСІ



ЗРАЗКИ ОФОРМЛЕННЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА КР

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О.М.БЕКЕТОВА**

Кафедра водопостачання, водовідведення і очищення вод

КУРСОВА РОБОТА

з дисципліни «Теоретичні основи технології очищення води»

на тему: «Дослідження якості води природного джерела»

Студента 3 курсу гр. РВВР2014-1
напряму підготовки 6.060103 «Гідротехніка
(водні ресурси)»

Іванова І.І.

Керівник: доц. К. Б. Сорокіна

Національна шкала _____
Кількість балів: _____ Оцінка: ЄКТС _____

Члени комісії _____

м. Харків – 201_ рік

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Кафедра водопостачання, водовідведення і очищення вод

КУРСОВА РОБОТА

з дисципліни «Теоретичні основи водопідготовки»

на тему: «Дослідження якості води природного джерела»

Студента 3 курсу гр. ВВ2014-1
напряму підготовки 6.060101 «Будівництво»

Іванова І.І.

Керівник: доц. К. Б. Сорокіна

Національна шкала _____
Кількість балів: _____ Оцінка: ЄКТС _____

Члени комісії _____

м. Харків – 201_ рік

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ
(варіант визначається за останньою цифрою номеру залікової книжки або
за вказівками викладача)

К.1 Теоретична частина

Варіант	Завдання
1	Фізичні показники якості води
2	Хімічні показники якості води
3	Особливості механізму дії флотації
4	Закономірності біологічного очищення стічних вод
5	Видалення завислих речовин з води її фільтруванням
6	Агрегація домішок води коагуляцією
7	Адсорбційне очищення води
8	Електрохімічні методи очищення води
9	Агрегація домішок води флокулюванням
10	Видалення завислих речовин з води її відстоюванням

К.2 Розрахункова частина

<i>Показники якості води</i>	<i>ВАРІАНТ</i>									
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
<i>Ca²⁺</i>	75,6	68,5	78,5	69,7	69,7	68,9	72,3	57,6	74,6	82,7
<i>Mg²⁺</i>	47,5	47,5	41,2	45,8	46,3	51,4	48,7	54,1	48,2	35,6
<i>Na⁺</i>	29,4	35,4	48,7	36,7	22,8	22,8	21,4	47,5	35,8	47,5
<i>K⁺</i>	25,6	44,6	32,8	22,9	22,9	22,9	18,2	18,2	18,2	22,8
<i>HCO₃⁻</i>	181,3	204,3	204,6	158,6	168,4	187,3	199,4	158,6	184,2	184,2
<i>SO₄²⁻</i>	190,2	190,2	168,7	174,6	184,2	184,2	184,2	195,3	154,9	171,2
<i>Cl</i>	81,9	97,5	101,7	94,8	88,6	88,6	78,6	94,5	104,8	95,3
<i>Сухий залишок</i>	535	580	570	520	520	530	520	540	530	545
<i>Т заг.</i>	7,6	7,25	7,3	7,3	7,3	7,6	7,6	7,3	7,7	7
<i>Т карб.</i>	3,0	3,3	3,3	2,7	2,7	3,0	3,2	2,5	3	3,1
<i>Pb</i>	0,0007	0,02	0,002	0,02	0,002	0,002	0,002	0,001	0,0007	0,01
<i>Sr</i>	0,05	0,05	0,05	0,1	0,05	0,05	0,05	0,01	0,05	0,01
<i>Mo</i>	0,01	0,02	0,07	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
<i>B</i>	0,05	0,01	0,05	0,1	0,01	0,05	0,01	0,01	0,05	0,01
<i>цианіди</i>	0,01	0,01	0,01	0,1	0,01	0,05	0,01	0,1	0,01	0,01
<i>pH вихідної води</i>	7,1	7,3	6,9	6,8	6,9	7,0	7,2	7,4	7,5	7,6
<i>pH води після контакту з CaCO₃</i>	7,4	6,8	7,4	6,4	7,1	7,8	6,8	7,1	7,3	8,1

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до проведення практичних занять та виконання курсової роботи
з дисципліни

Теоретичні основи технології очистки води (Теоретичні основи водопідготовки)

*(для студентів 3 курсу денної і заочної форм навчання
за напрямками підготовки 6.060101 – Будівництво
(фахове спрямування «Водопостачання та водовідведення») і
6.060103 – Гідротехніка (водні ресурси))*

Укладач: **СОРОКІНА** Катерина Борисівна

Відповідальний за випуск *Г. І. Благодарна*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *К. Б. Сорокіна*

План 2014, поз. 89М

Підп. до друку 19.01.2014	Формат 60x84 /16
Друк на ризографі.	Ум.-друк. арк. 3,5
Зам. №	Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет міського господарства

імені О. М. Бекетова,

вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4705 від 28.03.2014 р.